32. N. 52.

ÉTUDES

SUR LA

VENTILATION

II

PARIS. — IMPRIMERIE DE CH. LAHURE
Rue de Fleurus, 9

MÉCANIQUE PRATIQUE

ÉTUDES

SUR LA

VENTILATION

PAR

ARTHUR MORIN

Général de division d'artillerie
membre de l'Institut, ancien élève de l'École polytechnique
directeur du Conservatoire des Arts et Métiers
membre de la Société centrale d'agriculture
membre de la Société des Ingénieurs civils de France
membre correspondant de l'Académie royale des Sciences de Berlin
de l'Académie royale des Sciences de Madrid, de l'Académie des Sciences de Turin
de l'Académie royale des Géorgophiles de Florence
de l'Académie de Metz, de la Société industrielle de Mulhouse
de la Société littéraire et philosophique de Manchester
de la Société impériale d'Arts et Manufactures de Toscane

TOME SECOND

PARIS

LIBRAIRIE DE L. HACHETTE ET C^ie^

BOULEVARD SAINT-GERMAIN, N° 77

1863

BOSTON MEDICAL
FEB 10 1917
LIBRARY

FEB 10 1917

ÉTUDES

SUR LA

VENTILATION.

CHAPITRE VII.

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DES SALLES D'ÉCOLES ET DES CHAMBRES DE CASERNE.

Des salles d'école.

399. *Expériences sur la ventilation des salles d'écoles communales.* — J'ai fait exécuter, en février 1861, quelques expériences sur les effets de ventilation que produit dans des circonstances ordinaires le dispositif adopté, d'après les indications de M. Péclet, dans un assez grand nombre d'écoles primaires.

Dans ce dispositif * l'air extérieur arrive par des conduits passant sous le plancher, dans des poêles à enveloppe, dans lesquels il s'échauffe et d'où il débouche à la partie supérieure. En vertu de sa plus grande légèreté spécifique cet air se dirige naturellement vers le plafond où il s'étend plus ou moins en nappes et redescend, non pas en couches isothermes, comme le croyait M. Péclet, mais en circonvolutions diverses et en courants, les uns verticaux, qui se forment le long des murs et des fenêtres, les autres inclinés vers l'orifice d'appel, s'il agit énergiquement.

Le tuyau de fumée du poêle se rend dans la cheminée d'é-

* 3e édition du *Traité de la chaleur*, 3e vol , page 314.

vacuation, où il entre à peu de distance du plafond et dans laquelle il s'élève quelquefois seulement jusqu'à une certaine hauteur, souvent et mieux jusqu'en haut.

Au bas de la cheminée et pour produire la ventilation d'été, est disposé un petit foyer auxiliaire, qui dans cette saison doit déterminer l'appel.

L'air vicié s'échappe l'hiver par un orifice ménagé au bas de la cheminée, et l'été par un orifice qui est ouvert près du plafond.

Quoique cette disposition soit en général assez convenable, je ne la crois pas à l'abri de plusieurs objections. L'usage des poêles intérieurs en métal est commandé dans la plupart des cas par l'indépendance de l'école ; mais il a, comme partout, l'inconvénient de donner souvent trop de chaleur, surtout pour les bancs placés dans le voisinage de ces appareils, et presque toujours les enfants en sont incommodés. Il occasionne une certaine malpropreté dans les salles et peut donner lieu à des accidents, dont il importe de préserver les enfants.

Outre ces défauts relatifs au mode de chauffage, ce dispositif en a d'autres encore plus graves, en ce qui concerne la ventilation.

En effet, pour les grandes écoles, M. Péclet indique l'emploi de deux poêles et de deux cheminées distinctes d'évacuation. Or il peut y avoir souvent dans l'activité des feux et par suite dans celle des appels, une grande inégalité ; mais de plus, il arrive très-fréquemment que la température extérieure étant modérée, un seul des poêles est allumé. Dans ce cas, si les orifices d'appel des deux cheminées sont simultanément ouverts, celui du poêle allumé étant le plus énergique, non-seulement il annulera l'effet de l'autre, mais encore il déterminera très-fréquemment des rentrées d'air extérieur par celui-ci, ainsi que j'ai eu l'occasion de le constater dans un dispositif analogue employé à l'hôpital militaire du Gros-Caillou, et alors cette rentrée d'air par l'une des cheminées alimentant l'appel fait par l'autre, la ventilation de la salle se trouverait en très-grande partie ou en totalité annulée.

Si, au contraire, un seul des orifices d'appel était ouvert, la ventilation serait réduite de moitié pour l'appel et, dans les deux cas, l'arrivée de l'air nouveau serait notablement diminuée.

Par conséquent, pour l'évacuation de l'air à l'extérieur, il ne doit y avoir qu'une seule cheminée débouchant au-dessus des toits et recevant pour activer l'appel la chaleur surabondante des calorifères, ou en été celle d'un foyer auxiliaire. Mais cela n'empêche pas d'avoir selon les cas, plusieurs cheminées ou conduits partiels d'évacuation, communiquant tous avec la cheminée principale, destinée à en régulariser l'action. Ceci est d'autant plus nécessaire dans le système dont nous parlons, que l'appel exercé par une seule cheminée ou plutôt par un seul orifice, y faisant affluer tout l'air vicié de la salle, il en résulte ainsi une infection très-sensible autour de cet orifice, ce qui peut incommoder les élèves qui en sont voisins ou le chef de l'école; si, comme cela arrive quelquefois, l'on a maladroitement placé sa table près de cet appel.

Ce dernier cas existe à l'école de la commune de Grenelle, où le bureau de la sœur directrice est placé devant la cheminée d'appel. Aussi cette respectable sœur, incommodée par l'air vicié, qui affluait vers sa place, n'a-t-elle rien imaginé de mieux que de boucher l'orifice d'appel. Ce n'est pas elle, cependant, qu'il faut blâmer de cette conséquence assez logique de la mauvaise disposition donnée à la salle.

Dans le même local l'inconvénient de la chaleur excessive dans le voisinage des poêles, que j'ai signalé plus haut, se fait également sentir.

400. *Résultats des expériences.* — Le 10 février 1862, j'ai fait faire des expériences dans la salle n° 4 de l'école communale de la rue Violet à Grenelle, et le 24 du même mois il en a été exécuté de semblables dans les salles n^{os} 1, 2, 3 et 4.

Toutes ces salles sont construites pour contenir 120 en-

fants, mais quelquefois on en reçoit jusqu'à 140. On a, pendant les expériences, noté chaque fois le nombre de ceux qui étaient présents.

La cheminée d'évacuation de chacune de ces salles est unique et elles n'ont aussi qu'un poêle. La section intérieure de la cheminée a $0^{m},675$ sur $0^{m},325$ ou $0^{m\cdot q},2194$ ce qui correspond à $0^{m\cdot q},0018$ par enfant, s'il y en a 120.

Les classes ont $10^{m},60$ sur $8^{m},25$ et $5^{m},40$ de hauteur soit $473^{m\cdot c},23$ ou $3^{m\cdot c},37$ par enfant, en comptant sur 120. Malgré la hauteur des salles ce volume paraît très-insuffisant.

Les bancs sont disposés de manière que les enfants ont la face tournée vers la cheminée d'appel et que le bureau de la directrice lui est adossé, ce qui présente les inconvénients que j'ai signalés plus haut.

Les résultats des expériences faites dans ces salles sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES FAITES AUX ÉCOLES COMMUNALES DE GRENELLE.

DATES ET CLASSES.	TEMPÉRATURES			VITESSE de l'air dans la cheminée.	VOLUME D'AIR évacué		NOMBRE d'enfants
	EXTÉRIEURE.	INTÉRIEURE dans les salles.	INTÉRIEURE dans le haut de la chemin.		en 1 heure.	par enfants.	
	°	°	°	m.	m.c.	m.c.	
10 février. Classes n° 4..	— 2	20,5	32	0,399	318,6	2,57	120 [1]
24 février Classe n° 4...	7	23,0	32	0,388	306,0	2,35	120 [2]
Classe n° 3...	7	14,0	32	0,298	270,0	3,40	80 [3]
Classe n° 2..	7	15,5	33	0,530	418,0	5,50	76 [4]
Classe n° 1...	7	18,0	33,5	0,374	295,0	3,88	76 [5]

1. Mauvaise odeur très-sensible dans la salle. — 2. Mauvaise odeur très-sensible. — 3. Mauvaise odeur légère. — 4. Très-peu d'odeur. — 5. Mauvaise odeur légère.

401. *Conséquences de ces expériences.* — Il résulte de ces observations que les appareils de ventilation de ces salles d'école ne sont pas suffisants pour y produire un renouvellement d'air capable de les rendre assez salubres. Car si dans la classe n° 2, qui a fourni le résultat le plus favorable et dans laquelle il n'y avait que 76 enfants, l'on a observé qu'avec une ventilation de $5^{m.c},35$ par enfant, il existait très-peu d'odeur, il faut remarquer qu'elle ne contenait que 76 enfants, tandis qu'elle est faite pour en recevoir 120, et que cette ventilation qu'on ne peut activer l'hiver sans forcer le chauffage, ne correspondait pour 120 enfants qu'à $3^{m.c},49$ par enfant, ce qui a été trouvé insuffisant dans les salles 1 et 3.

L'existence d'une seule cheminée d'appel et d'évacuation, et surtout l'emplacement choisi pour le bureau de la directrice, rend le séjour à ce bureau intolérable dans la classe n° 4 ; ce qui fournit un exemple frappant de l'inconvénient qu'offre l'usage d'un nombre trop restreint d'orifices d'évacuation de l'air vicié et l'affluence de cet air en des points occupés par des individus.

D'une autre part, les moyens de chauffage des salles par les poêles employés, étant plus que suffisants, puisque dans la salle n° 4 l'on y a observé les températures trop élevées de $20°,5$ et de $23°$, il est clair qu'au lieu de faire passer le tuyau de fumée dans toute l'étendue de la salle, l'on pourrait appliquer une plus grande partie de la chaleur développée par ce poêle, au profit de la ventilation, à laquelle on donnerait ainsi plus d'activité.

En faisant passer ce tuyau beaucoup plutôt dans la cheminée principale d'évacuation, et en l'y faisant entrer plus près du sol, il y répandrait plus de chaleur, on pourrait donner alors à cette cheminée une plus grande section et la mettre en communication avec plusieurs conduits d'évacuation, répartis dans la salle en divers points, afin d'aspirer l'air vicié aussi près que possible des enfants.

Je reviendrai sur les dispositions à adopter pour les écoles lorsque je traiterai de cette partie de la question.

Des chambres de caserne.

402. *Essais de ventilation des chambres de caserne faits par le service du Génie militaire.* — En même temps qu'il poursuivait les études intéressantes dont il a été parlé au chap. VI, sur le chauffage et la ventilation des hôpitaux, le service du Génie militaire s'occupait d'études préparatoires sur les moyens d'aérer et de ventiler les chambres de casernes, et le 25 juillet 1860, M. le chef du Génie de la place de Paris soumettait au ministre de la guerre un projet de dispositions propres à permettre la comparaison de divers dispositifs applicables à la ventilation des chambres de troupe.

La nouvelle caserne Bonaparte avait paru plus convenable qu'aucune autre aux essais projetés, parce qu'elle renferme aux divers étages du bâtiment *i*, du côté de la rue de Poitiers, des chambres de même capacité disposées de la même manière et se prêtant ainsi parfaitement à des opérations comparatives.

Ce sont les chambres suivantes, qui sont superposées les unes aux autres dans l'ordre indiqué ci-dessous.

	1er groupe.	2e groupe.	3e groupe.	4e groupe.
1er étage, nos...	33	34	35	35
2e étage, nos...	52	53	54	55
3e étage, nos...	71	72	73	74

Chacune des chambres de ces groupes reçoit le jour du côté de l'Est, par deux fenêtres, donnant sur la cour du quartier Bonaparte et n'a qu'une porte ouvrant en face du trumeau des fenêtres, sur un corridor très-aéré, qui règne le long de la rue de Poitiers. Elles ont au premier étage $3^{m},08$ de hauteur, au deuxième $2^{m},68$ et au troisième $2^{m},60$, et environ 6 mètres sur $6^{m},80$ dans le sens horizontal ou $40^{m.q.},8$ de superficie. Il y a 12 lits au premier et au deuxième étage, et 11 lits au troisième étage par chambre.

Ces dimensions correspondent comme on le voit, à $3^{m.q.},40$ environ de superficie horizontale par homme et à un volume

de $10^{m.c},47$ au premier étage, de $9^{m.c},94$ au deuxième étage et de $9^{m.c},64$ au troisième étage, par homme et par lit, tandis que la Commission anglaise, dont j'ai analysé le travail dans l'Introduction, fixe le minimum de la capacité à $16^{m.c},80$ par homme et celui de la hauteur d'étage à 3 mètres.

Ces quatre groupes de chambres étaient d'ailleurs dans des conditions à très-peu près identiques.

Les expériences ont été successivement exécutées par MM. les capitaines du Génie Mengin et Rapatel, et ce dernier en a rendu compte dans un rapport en date du 20 avril 1861. M. le lieutenant-colonel Doutretaine, chef du Génie, a résumé ces recherches en même temps que les études faites à l'hôpital militaire du Gros-Caillou, dans un rapport d'ensemble qu'il a bien voulu me communiquer, et c'est des travaux de ces deux derniers officiers que je vais extraire les résultats et la plupart des conséquences qui suivront.

L'on a affecté aux expériences les quatre groupes de locaux à très-peu près identiques que j'ai indiqués plus haut et auxquels l'on a appliqué les dispositifs suivants que l'on voulait comparer.

Je reproduirai et je discuterai séparément d'abord les résultats obtenus sur chacun de ces groupes, sauf à les réunir dans un résumé pour les mieux comparer.

403. *Ventilation de chambres de caserne au moyen de cheminées pour l'évacuation de l'air vicié, sans orifices spéciaux pour l'introduction de l'air neuf.* — Ce système a été appliqué aux chambres nos 33, 52 et 71, du premier, du deuxième et du troisième étage, immédiatement placées les unes au-dessus des autres.

Le chauffage y était produit par des poêles ordinaires de caserne. La gaîne de ventilation de chaque chambre recevait le tuyau de fumée de la pièce correspondante à l'étage supérieur ; la chaleur dégagée par ce tuyau devant servir à activer la ventilation de la chambre inférieure.

L'évacuation de l'air avait lieu par une ouverture de $0^m,25$

sur $0^{m},25$ ou $0^{m.q},0625$ de section placée immédiatement au-dessous du plafond.

Il résultait de cette disposition que l'étage supérieur n'était ventilé que par appel naturel, sans le secours d'une chaleur additionnelle. Les tuyaux de fumée ne montaient d'ailleurs qu'un peu au-dessus des orifices d'évacuation ouverts près du plafond.

Dans ce groupe aucun orifice spécial n'avait été disposé pour l'introduction de l'air neuf, qui ne pouvait pénétrer que par les joints des portes et des fenêtres, ce qui a développé des courants d'air froid très-désagréables pour les hommes.

Quoique les expériences, aient été faites au mois de mars 1861, et que la température extérieure fût de $+ 10^{0}$, l'on a dû distribuer aux hommes occupant les chambres de ce groupe un supplément de chauffage montant à 10 ou 12 kil. de coke par jour. C'est grâce à un supplément que la température intérieure a pu s'élever en moyenne à 8^{0} ou 9^{0} au-dessus de l'air extérieur.

Pour ce groupe, comme pour les autres, les expériences ont été faites en mars et en août 1861 et répétées chaque jour à des heures différentes. Je crois nécessaire d'en reproduire tous les résultats, parce qu'on peut y trouver des données utiles pour d'autres cas de la pratique.

Dans les deux tableaux suivants, j'ai réuni successivement les résultats des expériences de M. le capitaine Rapatel, faites en mars 1861 et en août de la même année.

Pour les premières, les poêles étaient allumés et la ventilation des chambres 33 et 52 était activée par la chaleur de la fumée des poêles de la salle immédiatement supérieure ; mais dans la chambre 70, située au troisième étage, la ventilation n'était due qu'à l'excès de la température intérieure sur la température extérieure. C'est pourquoi j'ai séparé les résultats des observations relatives à cette chambre de ceux qui se rapportent aux deux autres dans les expériences de printemps.

Mais pour les observations d'été, aucune chambre n'étant

chauffée, la ventilation était naturelle pour les trois pièces superposées ; c'est-à-dire due à la seule différence alors très-faible des températures.

Les chambres du premier et du second étage, contenant 12 lits et celles du troisième 11 et les sections des conduits d'évacuation ayant $0^{m.q},063$ de superficie, pour déduire des vitesses observées dans ces conduits, le volume d'air évacué par heure et par lit il faut multiplier ces vitesses pour le premier et le deuxième étage par

$$0^{m.q},063 \times \frac{3600}{12} = 18,90,$$

le troisième étage par

$$0^{m.q},063 \times \frac{3600}{11} = 20,62.$$

EXPÉRIENCES DE M. LE CAPITAINE DU GÉNIE RAPATEL A LA CASERNE BONAPARTE.

GROUPE N° 1.

DATES.	NUMÉROS des chambres.	HEURES des expériences.	SECTION des orifices d'évacuation.	VITESSES observées	VOLUMES d'air évacué par heure et par lit.	MOYENNE	TEMPÉRATURES EXTÉRIEURE.	TEMPÉRATURES INTÉRIEURE.	TEMPÉRATURES DIFFÉRENCES	DES GAINES.
			m.q.	m.	m.c.	m.c.				
Expériences de printemps.										
		10		1,80	34,103		11°	20°,2		
	33.....	2		1,60	30,240		10	19,0		
		5		1,90	35,910	40,649	9	19,0		
		10		2,80	52,920		11	20,2		Temps orageux avec giboulées; vent d'ouest assez fort.
11 mars....	52.....	2	0,063	2,00	37,800		10	19,0	9 à 10	
		5		2,80	52,920		9	19,0		
		10		2,00	41,240		11	20,2		
	71.....	2		1,40	28,878	33,349	10	19,0		
		5		1,50	30,930		9	19,0		
		10		1,40	28,460		10	19,5		
	33.....	2		1,50	28,368		10,25	19,6		
		4		1,70	32,130	36,562	10	20,0		Temps très-variable avec giboulées fréquentes ; vent de nord-ouest assez violent.
		10		3,00	56,700		10	19,5		
12 mars....	52.....	2	0,063	1,90	35,910		10,25	19,6	9,5 à 10	
		4		2,00	37,800		10	20,0		
		10		1,70	35,054		10	19,5		
	71.....	2		2,00	41,240	33,390	10,25	19,6		
		4		1,60	32,992		10	20,0		
		11		2,10	39,690		10			
	33.....	2		1,30	24,570		9			
		5		1,80	34,103		9,5			Temps variable avec giboulées très-fréquentes ; vent du nord-ouest. Le vent paraît favoriser l'évacuation.
		11		2,20	41,580	33,249	10			
13 mars....	52.....	2	0,063	1,50	28,366		9	19,5	9,3 à 10,5	
		5		1,65	31,185		9,5			
		11		2,30	47,426		10			
	71.....	2		1,80	24,744	37,803	9			
		5		2,00	41,240		9,5			

Moyenne pour les chambres 33 et 52					36,820			
Moyenne pour la chambre 71					34,847			
Moyenne générale					35,833			
				Expériences d'été.				
2 août	33	9	0,80	15,120	16,209	25 à 26	26	1
		1	0,70	13,230				
	52	9	0,90	17,010				
		1	1,00	18,900				
	71	9	0,80	16,496				
		1	0,80	16,496				
	33	9	1,10	20,790				
		1	1,00	18,900				
		5	0,90	17,010				
	52	9	1,20	22,680	20,511	25 à 26	26	1
		1	0,95	17,945				
		5	0,95	17,945				
	71	9	1,30	26,803				
		1	1,20	24,741				
		5	1,00	20,620				
3 août	33	9	0,95	17,945	17,759	26 à 26,5	27à27,25	1
		1	1,00	18,900				
		5	0,70	13,230				
	52	9	0,90	17,010				
		1	0,80	15,130				
		5	0,90	17,010				
	71	9	0,95	19,587				
		1	0,90	18,563				
		5	1,10	22,672				
Moyenne générale					18,159			

404. *Conséquences des résultats consignés dans les tableaux précédents.* — L'on voit par le premier tableau relatif à la ventilation de printemps de ce premier groupe que, malgré des différences assez considérables d'une observation à l'autre, les résultats ont offert une assez grande régularité.

Le volume d'air moyennement évacué des chambres 33 et 52 du premier et du deuxième étage pour lesquelles la ventilation était activée par la chaleur de la fumée des poêles envoyée dans leurs gaînes au printemps est de $36^{m \cdot c},820$ par heure et par lit.

Pour la chambre n° 71, dont la ventilation n'était produite que par la seule différence des températures intérieure et extérieure, le volume n'a été que de $34^{m \cdot c},847$.

La différence assez faible de ces deux résultats semblerait indiquer que l'effet de la chaleur de la fumée est peu sensible, mais il faut remarquer que cette fumée devant trouver place dans la gaîne en même temps que l'air évacué, il en résultait nécessairement pour les chambres 31 et 52 un effet équivalent à une diminution de section de leur gaîne.

La moyenne générale du volume d'air évacué par lit et par heure a été, pour ce groupe, de $35^{m \cdot c},833$.

L'introduction d'air nouveau à 9 ou 10° ne se faisait, dans le cas actuel, que par les fissures des portes et des fenêtres et elle occasionnait aux hommes voisins de ces ouvertures une sensation très-désagréable.

Les vitesses d'évacuation observées pendant le printemps s'étant élevées généralement au-dessus de $1^{m},50$ et même jusqu'à $2^{m},80$, l'on voit qu'avec des gaînes plus nombreuses ou de plus grande section il aurait été possible d'obtenir l'évacuation de volumes d'air beaucoup plus considérables, sauf à employer les moyens convenables pour diminuer l'inconvénient des arrivées d'air telles qu'elles se produisaient.

Quant aux expériences d'été, la différence de la température intérieure et extérieure ne s'étant élevée qu'à 1° seulement, les vitesses observées ont été beaucoup plus faibles que

dans les expériences du printemps, mais elles n'ont été cependant que deux fois égales à $0^m,70$ ou $1''$ et se sont généralement élevées à $0^m,95$ ou $1''$.

Le volume d'air moyennement évacué par heure et par lit ne s'est élevé qu'à $18^{m.c},159$, mais il est évident qu'avec des gaînes plus nombreuses ou plus grandes il eut pu devenir plus beaucoup considérable.

De ces résultats moyens il suit que le volume d'air écoulé par les cheminées de ventilation, par décimètre carré de section, était, au printemps :

En une heure.....	$70^{m.c},13$	$60^{m.c},84$
En une seconde.....	0 ,0195	0 ,0169
Vitesse en une seconde.....	1^m ,95	1 ,69

par une différence moyenne de température intérieure et extérieure de 9^0 à 10^0, augmentée, pour les chambres 33 et 54, par la chaleur de la fumée. En été :

	Chambres 33-52 et 71.
En une heure	$34^{m.c},59$
En une seconde.....	0 ,0096
Vitesse en une seconde.....	0^m ,96

par une différence de température de 1^0.

L'on remarquera que, dans les expériences de printemps, les volumes d'air introduit et évacué, par décimètre carré et par lit, ont été à peu près les mêmes, ce qui montre que ces effets de ventilation n'étaient dus en réalité qu'à la différence des températures intérieure et extérieure, et que la chaleur produite par les tuyaux de fumée n'y participait que pour fort peu, comme nous l'avons déjà dit. Mais cela prouve aussi que, si les orifices d'accès avaient eu une surface double, le volume d'air admis au printemps par ces orifices eût été à très-peu près égal à celui qui était extrait.

Il n'en a pas été de même pendant l'été, où le volume évacué, par heure et par lit, par décimètre carré, a été, en moyenne de $\frac{18,049}{0.063} = 28^{m.c},65$, tandis que celui de l'air in-

troduit n'a été que de $\frac{5,605}{0,03} = 18^{m \cdot c},68$; ce qui montre qu'il faudrait, pour l'été, avoir des orifices auxiliaires d'introduction, ce qui est facile.

Enfin, puisque si l'on allouait pour chaque lit un décimètre carré de section aux orifices d'admission ou d'évacuation, l'on procurerait à chaque homme une ventilation de 60 à 70 mètres cubes au printemps ; il s'ensuit que, si le volume d'air nécessaire n'est fixé qu'à 40 mètres cubes par homme, il suffirait de donner à ces orifices $0^{m \cdot q},0066$ par lit, en y ajoutant, toujours pour l'été, des orifices auxiliaires d'admission présentant encore la même section ou à peu près.

405. 2e *groupe.* — *Ventilation des chambres au moyen de cheminées pour l'évacuation de l'air vicié, et de canaux spéciaux pour l'introduction de l'air neuf.* — Cette disposition a été appliquée aux chambres nos 34, 53 et 72. Le chauffage y a été aussi produit au moyen de poêles de casernes, dont le tuyau de fumée était, comme pour le groupe précédent, engagé dans la gaîne de ventilation de la chambre inférieure. L'évacuation de l'air se fait donc de la même manière, mais l'introduction de l'air nouveau a lieu par une ouverture carrée de $0^{m},25$ de côté, ou $0^{m \cdot q},063$ environ de superficie, pratiquée au niveau du plancher, dans le mur Est de la chambre.

Dans les tableaux suivants, qui contiennent les résultats des observations de printemps et d'été, je séparerai encore, pour les premières, celles qui concernent les chambres 34 et 53 des premier et deuxième étages de celles qui sont relatives à la chambre 72, dont la ventilation était naturelle ; mais pour les expériences d'été, faites sans chauffage, je réunirai les résultats relatifs aux trois chambres.

De même que pour le premier groupe, les vitesses observées dans les gaînes d'évacuation ont dû être multipliées :

Pour les 1er 2e étages, par..... 18,90

Pour le 3e étage, par..... 20,62

pour en déduire les volumes d'air évacués par heure et par lit.

Quant aux volumes d'air nouveau introduits, les sections des orifices d'introduction étant de $0^{m.q},03$, pour avoir les volumes introduits par heure et par lit, on a dû multiplier les vitesses observées,

Pour le 1er et le 2e étage, par

$$0^{m.c},03 \times \frac{3600}{12} = 9,00,$$

Pour le 3e étage, par

$$0^{m.c},03 \times \frac{3600}{11} = 9,82.$$

Dans la chambre 53 du second groupe, M. le capitaine Mengin avait fait entourer le poêle d'une enveloppe en tôle dans laquelle venait aboutir le conduit de prise d'air nouveau, qui s'échauffait ainsi entre le poêle et son enveloppe et se répandait ensuite dans la salle. Il n'a pas été possible de constater le volume d'air ainsi introduit, et l'on n'a d'ailleurs pas remarqué que cette disposition ait contribué à augmenter la température des salles. Elle a eu seulement pour effet de diriger le courant d'air chaud plus loin des individus que la bouche ouverte à fleur du plancher.

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DES CHAMBRES DE CASERNE,

2e Groupe. — Ventilation des chambres au moyen de cheminées pour l'évacuation

DATES.	NUMÉROS des chambres.	HEURES des expériences.	SECTION des orifices d'évacuation.	VITESSES observées	VOLUMES d'air évacués par heure et par lit.	MOYENNES	TEMPÉRATURES extérieure	TEMPÉRATURES intérieure des chambres
				Expériences de printemps.				
				m.	m.c.	m.c.	°	°
		10		1,70	32,130			
	34	2		1,60	30,240	32,493	11	20,2
		5		1,90	35,910			
		10		2,80	52,920			
11 mars.	53	2	0,063	1,70	32,130	38,430	10	19,0
		5		1,60	30,240			
		10		2,00	41.240			
	72	2		1,80	37,116	43,302	10	19,8
		5		2,50	51,550			
		10		1,70	32,130			
	34	2		1,70	32,130	32,788	10	
		4		1,80	34,003			
		10		3,00	56,700			
12 mars.	53	2	0,063	1,65	31,185	40,001	10	19,5
		4		1,70	32,130			
		10		1,80	37,116			
	72	2		1,80	37,116	38,491	10	
		4		2,00	41,240			
		11		2,00	37,800			
	34	2		1,80	34,103	35,988		
		5		1,90	35,910			
		11		2,80	52,900			
13 mars.	53	2	0,063	1,70	32,130	39,053	9,5	19,5
		5		1,70	32,130			
		11		1,90	39,178			
	72	2		1,75	36,085	39,522		
		5		2,10	43,302			
Moyennes pour les chambres 34 et 53.....						36,459		
Moyenne pour la chambre 72.....						40,438		
Moyenne générale.....						37,785		

EXÉCUTÉES PAR M. LE CAPITAINE DU GÉNIE RAPATEL.

de l'air vicié, et de canaux spéciaux pour l'introduction de l'air neuf.

TEMPÉRATURES		DIFFÉRENCES de l'extérieur des gaînes à l'intérieur	SECTION des conduits d'air nouveau.	VITESSE d'introduction de l'air nouveau.	VOLUME d'air introduit par heure et par lit.	MOYENNES	OBSERVATIONS.
Différence.	des gaînes.						
			Expériences de printemps.				
°	°	°	m.q.	m.	m.c.	m.c.	
				1,70	16,300		Temps orageux, avec
9,2			0,03	1,70	17,000	16,833	giboulées. Vent nord-
				1,90	17,100		ouest, assez fort.
				0,20	1,800*		
9,0			0,03	»	»	16,300	
				1,70	16,300		
				1,80	17,676		
9,8			0,03	1,60	15,696	17,337	
				2,00	19,640		
				2,20	19,800		Temps très-variable,
			0,03	1,80	16,200	17,700	avec giboulées fré-
				1,90	17,100		quentes. Vent nord-
				0,20*	1,800*		ouest assez violent.
9,5			0,03	0,90*	8,100*	»	
				0,30*	2,700*		
				1,60	15,696		
			0,03	1,40	13,748	17,713	
				1,80	17,696		
				2,40	21,600		Temps variable avec
			0,03	1,80	16,200	18,300	giboulées fréquentes.
				1,90	17,000		Vent nord-ouest assez
				0,15*	3,350*		violent.
10,0			0,03	0,40*	1,600*	»	
				0,35*	3,150*		
				1,30	12,760		
			0,03	1,10	10,802	14,400	
				2,00	19,640		
			Moyenne générale.....			16,948	

(Les résultats marqués d'un astérisque ne sont pas compris dans la moyenne, attendu qu'ils sont regardés comme anomaux par l'effet du vent.)

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DES CHAMBRES DE CASERNE, EXÉCUTÉES PAR M. LE CAPITAINE DU GÉNIE RAPATEL.

2e Groupe, — Ventilation des chambres au moyen de cheminées pour l'évacuation de l'air vicié et de canaux spéciaux pour l'introduction de l'air neuf de la cour.

DATES.	NUMÉROS des chambres.	HEURES des expériences.	SECTION des orifices d'évacuation.	VITESSES observées	VOLUMES d'air évacués par heure et par lit.	MOYENNES	TEMPÉRATURES extérieure	TEMPÉRATURES intérieure des chambres	TEMPÉRATURES Différence.	TEMPÉRATURES des galnes.	DIFFÉRENCES de l'extérieur des galnes à l'intérieur.	SECTION des conduits d'air nouveau.	VITESSE d'introduction de l'air nouveau.	VOLUME d'air introduit par heure et par lit.	MOYENNES	OBSERVATIONS.
			m.q.	m.	m.c.	m.c.	°	°	°	°	°	m.q.	m.	m.c.	m.c.	
Expériences d'été.																
	34	9		0,80	15,120	15,120							0,50	4,500	4,050	
		1		0,80	15,120								0,40	3,800		
2 août....	53	9	0,063	0,95	17,955	17,788	25,5	26,0	0,5			0,03	0,80	1,600	5,400	
		1		0,95	17,955								0,60	5,400		
	72	9		0,70	14,432	16,498							0,60	5,890	5,400	
		1		0,90	18,563								0,50	4,910		
	34	9		0,90	17,010	21,975							0,50	4,500	5,400	
		1		1,40	28,126								0,60	5,400		
		5		1,10	20,790								0,70	6,300		
	53	9		1,10	20,790											
3 août....		1	0,063	0,90	17,010	17,640	25,5	26,5	1,0			0,03	0,60	5,400	5,100	
		5		0,80	15,120								0,50	4,501		
	72	9		1,20	24,744	20,109										
		1		0,80	16,496								0,40	3,928		
		5		0,95	19,589								0,70	6,874	5,892	
													0,70	6,874		
	34	9		1,00	18,900	18,270										
		1		1,10	20,790								0,70	6,300		
		5		0,80	15,120								0,60	5,400	5,100	
													0,40	3,600		
	53	9		0,60	11,360				0,5							
5 août....		1	0,063	1,10	20,790	17,015	26,5	27,0 à 27,5	à			0,03	0,80	7,200	6,900	
		5		1,00	18,900				1,00				0,90	8,100		
													0,60	5,400		
	72	9		0,80	16,496											
		1		1,00	20,618	17,870							0,50	4,910		
		5		0,80	16,496								1,00	9,820	7,201	
													0,70	6,876		
Moyennes générales.....						18,049									5,605	

406. *Conséquences des résultats consignés dans le tableau précédent.* — L'on voit par ce tableau que, pendant le mois de mars, où l'excès de la température intérieure sur la température extérieure a été de 9° à 10°, le volume d'air évacué, par heure et par lit, a été en moyenne :

Pour les chambres 34 et 53, de 12 lits..	$36^{m\cdot c},459$
Pour la chambre 72, de 11 lits.....	$40^{m\cdot c},438$
Moyenne générale.....	$37^{m\cdot c},785$

Pendant le mois d'août, l'excès de la température intérieure sur la température extérieure n'étant plus que de 1°, le volume d'air évacué, par heure et par lit n'a plus été, dans les mêmes chambres, que de $18^{m\cdot c},049$ en moyenne générale. Il faudrait donc pour cette saison des orifices auxiliaires.

De ces résultats moyens il suit que le volume d'air évacué par les cheminées de ventilation et le volume d'air introduit par décimètre carré de section et par lit, ont été au printemps :

	Chambres 34 et 53, de 12 lits.		Chambre 72, de 11 lits.	
	Volume d'air évacué.	Volume d'air introduit.	Volume d'air évacué.	Volume d'air introduit.
En 1 heure.....	$69^{m\cdot c},44$	$67^{m\cdot c},79$	$70^{m\cdot c},62$	$60^{m\cdot c},44$
En 1 seconde.....	0 ,193	0 ,0189	0 ,0168	0 ,0168
Vitesse en 1 seconde	1^{m} ,93	1 ,89	1^{m} ,96	1 ,62

par une différence de température de 9° à 10°, de l'intérieur à l'extérieur, et par l'effet de l'émission de la fumée dans les cheminées des chambres 34 et 53, et en été.

	Chambres 34-53-72.	
	Volume d'air évacué.	Volume d'air introduit.
En une heure.....	$34^{m\cdot c},36$	$22^{m\cdot c},42$
En une seconde.....	0 ,0095	0 ,0062
Vitesse en une seconde.....	0 ,95	0^{m} ,62

par une différence d'un degré entre la température intérieure et extérieure.

Le volume d'air neuf introduit, par heure et par lit, pendant les expériences de printemps a été en moyenne de $16^{m\cdot c},948$, ou un peu moins de moitié de celui du volume d'air évacué ; le surplus était fourni par les portes et les fenêtres ; mais il faut observer que l'aire de l'orifice d'entrée de cet air n'était pas même égale à la moitié de la section des gaînes d'évacuation. L'on a vu d'ailleurs plus haut qu'au printemps les volumes d'air évacué et admis, par lit et par décimètre carré de passage, différaient peu. Il est donc évident que si l'aire de cet orifice d'admission avait été la même que celle des orifices d'évacuation, il y aurait eu à peu près égalité entre ces volumes et fort peu de tirage par les fenêtres. Quoique ainsi restreinte, l'admission de l'air neuf aux vitesses observées, et qui étaient beaucoup trop grandes a donné lieu, de la part des hommes, à des plaintes réitérées.

L'on voit encore ici que la proportion d'un décimètre carré par lit, pour les orifices d'admission et d'évacuation, assurerait, au printemps, une ventilation très-supérieure à 40 mètres cubes par lit, et qu'on peut se borner à $0^{m\cdot c},0066$ par lit, sauf à ménager, pour l'été, des orifices auxiliaires d'admission.

407. 3e *groupe.* — *Ventilation des chambres au moyen de cheminées d'évacuation de l'air vicié, et de canaux spéciaux pour l'introduction de l'air nouveau.* — Ce système, appliqué aux chambres nos 35, 54 et 73, ne diffère du précédent qu'en ce que la prise d'air nouveau a eu lieu, pour les trois étages, au niveau du sol de la cour et non plus au niveau du plancher de chaque étage. Le chauffage s'est fait par le moyen ordinaire des poêles de caserne.

Les résultats des expériences sont réunis et classés dans les deux tableaux suivants, comme dans le cas précédent, et pour calculer les volumes d'air évacués ou introduits, par heure et par lit, on a dû multiplier les vitesses observées par les mêmes nombres que pour le deuxième groupe.

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DES CHAMBRES DE CASERNE,

EXÉCUTÉES PAR M. LE CAPITAINE DU GÉNIE RAPATEL.

3e GROUPE. — Ventilation des chambres au moyen de cheminées pour l'évacuation de l'air vicié et de canaux spéciaux pour l'introduction de l'air neuf de la cour.

DATES.	NUMÉROS des chambres.	HEURES des expériences.	SECTION des orifices d'évacuation	VITESSES observées	VOLUMES d'air évacués par heure et par lit.	MOYENNES.
			m.q.	m.	m.c.	m.c.
Expériences de printemps.						
7 mars	35	10	0,063	1,50	28,366	30,903
		2		1,80	34,103	
		4		1,60	30,240	
	54	10		2,60	49,140	47,880
		2		2,10	39,690	
		4		2,90	54,810	
	73	10		1,60	32,992	38,557
		2		2,00	41,340	
		4		2,00	41,340	
8 mars	35	10	0,063	1,30	24,570	26,153
		2		1,70	32,100	
		4 30		1,10	20,790	
	54	10		1,90	35,910	33,390
		2		2,00	37,800	
		4 30		1,40	26,460	
	73	10		0,80	16,496	24,360
		2		1,60	32,992	
		4 30		1,00	21,620	
9 mars	35	10	0,063	1,70	32,130	27,735
		2		1,50	28,366	
		5		1,20	22,680	
	54	10		2,00	37,800	37,353
		2		1,50	28,366	
		5		1,90	35,910	
	73	10		1,10	220,682	26,115
		2		1,20	24,744	
		5		1,50	30,930	
Moyenne des chambres 35 et 54						33,90
Moyenne de la chambre 73						29,35
Moyenne générale						32,49

TEMPÉRATURES extérieure	TEMPÉRATURES intérieure des chambres	TEMPÉRATURES Différence	TEMPÉRATURES des gaînes	DIFFÉRENCES de l'extérieur à l'intérieur.	SECTION des conduits d'air nouveau.	VITESSE d'introduction de l'air nouveau.	VOLUME d'air introduit par heure et par lit.	MOYENNES
°	°	°	°	°	m.q.	m.	m.c.	m.c.
Expériences de printemps.								
				0,020		1,20	10,800	
				0,030	0,030	1,60	14,400	12,000
				0,009		1,80	10,800	
				0,030		1,30	11,700	
13	19,8	6,8		0,030	0,030	1,50	13,500	12,000
						1,20	10,800	
						1,60	15,712	
				0,030	0,030	1,60	15,712	14,730
						1,30	12,766	
						1,10	9,900	
					0,030	1,20	10,800	9,300
						0,80	7,200	
13	20	7,0				1,00	9,000	
					0,030	1,30	11,700	9,000
						0,70	6,300	
						0,90	8,838	
					0,030	1,60	15,712	11,129
						0,90	8,838	
						1,30	1,700	
						1,00	9,000	9,300
						0,80	7,200	
13,25	20	6,75				1,20	10,800	
						1,10	9,900	9,000
						0,70	6,300	
						1,20	11,784	
						0,70	6,874	9,165
						0,90	8,838	
Moyenne								10,625

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DES CHAMBRES DE CASERNE,

3e GROUPE. — Ventilation des chambres au moyen de cheminées pour l'évacuation de

DATES.	NUMÉROS des chambres.	HEURES des expériences.	SECTION des orifices d'évacuation	VITESSES observées	VOLUMES d'air évacués par heure et par lit.	MOYENNES.
			m.q.	m.	m.c.	m.c.
Expériences d'été.						
2 août	35	9	0,063	0,70	13,230	13,230
		1		0,70	13,230	
		5				
	54	9		0,90	17,010	17,955
		1		1,00	18,900	
		5				
	73	9		0,90	18,558	17,527
		1		0,80	16,496	
		5				
3 août	35	9	0,063	1,40	26,460	23,680
		1		0,90	17,010	
		5		1,30	24,570	
	54	9		0,80	15,120	19,215
		1		1,05	19,845	
		5		1,20	22,680	
	73	9		0,90	18,548	21,309
		1		1,30	26,803	
		5		1,90	18,558	
5 août	35	9	0,063	0,90	17,010	15,750
		1		0,70	13,230	
		5		0,90	17,010	
	54	9		1,30	24,570	23,310
		1		1,20	22,680	
		5		1,20	22,680	
	73	9		1,20	24,744	21,306
		1		0,90	18,558	
		5		1,00	20,618	
Moyennes						19,253

EXÉCUTÉES PAR M. LE CAPITAINE DU GÉNIE RAPATEL.

l'air vicié et de canaux spéciaux pour l'introduction de l'air neuf de la cour.

TEMPÉRATURES				DIFFÉRENCES de l'extérieur à l'intérieur.	SECTION des conduits d'air nouveau.	VITESSE d'introduction de l'air nouveau.	VOLUME d'air introduit par heure et par lit.	MOYENNES
extérieure	intérieure des chambres	Différence	des gaînes					
				Expériences d'été.				
0	0	0	0	0	m q.	m.	m.c.	m.c.
						0,60	5,400	
						0,60	5,400	5,400
						0,40	3,600	
25	26	1				0,40	3,600	3,600
						0,70	6,872	
						0,60	5,892	6,332
						0,70	6,300	
						0,50	4,500	5,400
						0,60	5,400	
						0,60	5,400	
25,75	26,5	1,25				0,60	5,400	5,400
						0,60	5,400	
						0,70	6,872	
						0,50	4,905	7,199
						1,00	9,820	
						1,00	9,000	
						0,50	4,500	6,900
						0,80	7,200	
						0,60	5,400	
						0,80	7,200	6,900
						0,90	8,100	
26,5	27	0,5				0,95	9,327	
						0,60	5,892	8,346
						1,00	9,818	
Moyennes.....								6,164

408. 3e *groupe.* — *Conséquences des résultats consignés dans les tableaux précédents.* — Les résultats obtenus dans ces deux séries d'expériences sont un peu inférieurs à ceux qui ont été obtenus dans des circonstances analogues avec le deuxième groupe, quant aux volumes d'air évacués, ce qui peut être naturellement attribué à ce que l'excès des températures produisant l'aspiration était un peu moindre dans ces séries.

Le volume moyen d'air vicié, au printemps, s'est élevé :

	par heure et par lit.
Pour les chambres 35 et 54 à.....	$33^{m\cdot c},907$
Pour la chambre 73, à.....	$29^{m\cdot c},345$
Et la moyenne générale a été.....	$32^{m\cdot c},494$
Et pendant l'été, de.....	$19^{m\cdot c},253$

Le volume d'air neuf introduit n'a été en moyenne que de

$10^{m\cdot c},625$ au printemps,
$6^{m\cdot c},164$ en été.

L'introduction de l'air nouveau, par l'orifice placé à fleur du plancher et l'appel par les portes, a donné lieu aux mêmes plaintes que dans les cas précédents.

Des résultats moyens qui précèdent il suit que le volume d'air évacué par les cheminées de ventilation et le volume introduit, par lit par chaque décimètre carré de section, ont été, au printemps :

	Chambres 35 et 54.		Chambre 73.
	Volume d'air évacué.	Volume d'air introduit.	Volume d'air évacué.
En une heure.....	$64^{m\cdot c},43$	$42^{m\cdot c},50$	$51^{m\cdot c},24$
En une seconde.....	0 ,0179	0 ,0118	0 ,0142
Vitesse en une seconde.....	1^m ,79	1^m ,18	1^m ,42

par une différence de température de 7° environ, et l'action de la fumée, pour les chambres 45 et 54,

En été :

	Chambres 35 et 54.	
	Volume d'air évacué.	Volume d'air introduit.
En une heure.....	$36^{m\cdot c},67$	$24^{m\cdot c},66$
En une seconde.....	0 ,0102	0 ,0069
Vitesse en une seconde.....	1^m ,02	0^m ,69

par une différence d'un degré environ entre la température extérieure et intérieure.

Ces résultats conduisent encore, à peu près, aux mêmes proportions d'orifices que ceux qui ont été fournis par les deux premiers groupes.

409. 4e *groupe.* — *Ventilation des chambres au moyen de canaux spéciaux, tant pour l'évacuation de l'air vicié que pour l'introduction de l'air neuf chauffé préalablement pendant l'hiver.* — L'on a appliqué aux chambres 36 — 55 et 74 le système d'un calorifère destiné au chauffage et à la ventilation analogue à ceux qui ont été employés à l'hôpital du Gros-Caillou. Un appareil de ce genre a été établi dans la cour de la caserne. La même gaîne contenait les tuyaux de conduits d'air chaud des trois étages et servait en même temps à l'évacuation de l'air vicié.

L'évacuation se faisait en hiver par une ouverture pratiquée à $0^m,60$ du plancher, et en été par une ouverture semblable placée près du plafond. Ces deux petites baies se fermaient par des registres.

Le calorifère était d'un plus petit volume que ceux du même système établis au Gros-Caillou.

Pour déduire des vitesses observées dans les conduits d'évacuation les volumes d'air vicié extraits, l'on a multiplié ces vitesses par les mêmes nombres que pour les groupes précédents.

Quant aux volumes d'air nouveau introduits pendant les expériences de printemps, l'on a tenu compte à la fois de l'aire de passage de l'orifice d'introduction et du nombre de lits de chaque chambre.

Pendant les expériences d'été sur ce groupe, l'air nouveau n'entrant que par les joints des portes et des fenêtres, et les orifices d'évacuation ayant été réduits à $0^{m.q},036$ l'on a dû multiplier les vitesses observées :

Pour le 1er et le 2e étage, par $0^{m.q},036 \times \frac{3600}{12} = 10,80$,

Pour le 3e étage, par $0^{m.q}.036 \times \frac{3600}{11} = 11,78$,

pour avoir les volumes d'air évacués par heure et par lit.

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DES CHAMBRES DE CASERNE,

4e Groupe. — Ventilation des chambres au moyen de canaux spéciaux, tant

DATES.	NUMÉROS des chambres.	HEURES des expériences.	SECTION des orifices d'évacuation	VITESSES observées	VOLUMES d'air évacués par heure et par lit.	MOYENNES.
			m.q.	m.	m.c.	m.c.
Expériences de printemps.						
	36	10		1,40	26,460	
		2		1,10	20,790	22,680
		4		1,10	20,790	
	55	10		1,30	24,570	
7 mars.....		2	0,063	1,40	26,460	25,830
		4		1,40	26,460	
	74	10		0,90	17,010	
		2		1,20	22,680	20,790
		4		1,20	22,680	
	36	10		1,30	24,570	
		2		1,20	22,680	23,940
		4 30		1,30	24,570	
	55	10		0,90	17,010	
		2	0,063	0,60	11,340	16,380
		4 30		1,10	20,790	
	74	10		0,50	9,450	
		2		0,80	15,120	13,230
		4 30		0,80	15,120	
8 mars.....						
	36	10		2,00	37,800	
		2		1,30	24,570	28,350
		5		1,20	22,680	
	55	10		0,80	15,120	
		2	0,063	0,90	17,010	17,325
		5		1,05	19,845	
	74	10		0,60	11,340	
		2		0,70	13,230	23,940
		5		2,50	47,250	
Moyennes des chambres 36 et 55.....						22,417
Moyenne de la chambre 74.....						19,320
Moyenne générale.....						21,385

EXÉCUTÉES PAR M. LE CAPITAINE DU GÉNIE RAPATEL.

pour l'évacuation que pour l'introduction de l'air neuf chauffé pendant l'hiver.

TEMPÉRATURES				DIFFÉRENCES de l'extérieur à l'intérieur.	SECTION des conduits d'air nouveau.	VITESSE d'introduction de l'air nouveau.	VOLUME d'air introduit par heure et par lit.	MOYENNES
extérieure	intérieure des chambres.	Différence	des gaines					
					Expériences de printemps.			
°	°	°	°	°	m.q.	m.	m.c.	m.c.
						3,00	18,000	
					0,020	3,10	18,300	18,200
						3,10	18,300	
			75			3,10	10,230	
13	19,8		à		0,011	3,00	9,900	10,010
			81			3,00	9,900	
						3,10	8,370	
					0,009	3,05	8,235	8,145
						2,90	7,830	
						2,90	17,400	
					0,020	2,80	16,800	17,400
						3,00	18,000	
	20		70			2,80	9,240	
13	à		à		0,011	2,90	9,570	9,570
	21		75			3,00	9,900	
						2,90	7,830	
					0,009	3,00	8,100	8,010
						3,00	8,100	
						2,90	17,400	
					0,020	1,70	10,200	15,200
						3,00	18,000	
13			84			2,80	9,240	
à	20		à		0,011	2,80	9,240	9,660
14			85			3,00	9,900	
						2,80	7,558	
					0,009	3,00	8,100	7,919
						3,00	8,100	
Moyenne								11,568

SUITE DES EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DES CHAMBRES DE CASERNE.

Suite du 4e GROUPE. — Ventilation des chambres au moyen de canaux spéciaux, etc.

DATES.	NUMÉROS des chambres.	HEURES des expériences.	SECTION des orifices d'évacuation.	VITESSES observées.	VOLUMES D'AIR évacués par heure et par lit.	MOYENNES.	TEMPÉRATURES extérieure.	TEMPÉRATURES intérieure des chambres.	TEMPÉRATURES Différence.	TEMPÉRATURES des gaînes.
				Expériences d'été.						
			m.q.	m.	m.c.	m.c.	°	°	°	°
		9		1,20	12,950					
	36	1		1,20	12,950	12,593				
		5		1,10	11,880					
		9		1,10	11,880		25			
2 août....	55	1	0,036	1,10	11,880	11,880	à	26		
		5		1,10	11,880		25,75			
		9		1,10	12,958					
	74	1		1,00	11,780	12,956				
		5		1,20	14,138					
		9		1,10	11,880					
	36	1		1,20	12,960	12,986				
		5		1,40	15,120					
		9		1,40	15,120		25	26		
3 août....	55	1	0,036	1,10	11,880	12,960	à	à		
		5		1,10	11,880		26	26,75		
		9		1,30	15,316					
	74	1		1,30	15,316	15,316				
		5		1,30	15,316					
		9		0,90	9,720					
	36	1		1,00	10,800	11,160				
		5		1,20	12,960					
		9		1,10	11,880		26	27		
5 août....	55	1	0,036	1,30	14,040	11,880	à	à		
		5		0,90	9,720		26,75	27,25		
		9		1,20	14,138					
	74	1		1,20	14,138	14,530				
		5		1,30	15,316					
Moyennes.....					12,918					

410. *Conséquences des résultats consignés dans les tableaux précédents relatifs au 4e groupe.* — L'on voit d'après les nombres relatifs à la ventilation de printemps que les volumes d'air vicié évacués par heure et par lit ont été en moyenne :

Pour le premier et le deuxième étage, de $22^{m\cdot c},417$,

Pour le troisième étage, de..... $19^{m\cdot c},320$,

Et en moyenne générale, de..... $21^{m\cdot c},385$.

Dans ce système, comme dans les précédents, la rentrée de l'air nouveau a donné lieu à des plaintes de la part des hommes. Le volume de cet air ne s'est élevé en moyenne qu'à $11^{m\cdot c},568$ par heure et par lit, mais sa vitesse d'arrivée a atteint plus de 3 mètres; et comme il affluait par un petit orifice à fleur du plancher, l'on conçoit facilement que ce courant d'air devait être fort incommode pour ceux qui se trouvaient dans son voisinage.

Quant à la ventilation d'été observée dans ce groupe, les orifices d'évacuation se sont trouvés réduits à une section de $0^{m\cdot q},036$, et le volume d'air moyen évacué n'a plus été que de $12^{m\cdot c},918$ par heure et par lit.

411. *Résumé général des résultats observés à la caserne Bonaparte.*— Si nous réunissons les valeurs moyennes des volumes d'air évacué et introduit, par heure et par lit, dans les groupes de chambres de caserne expérimentés, nous pourrons former le tableau suivant :

NUMÉROS DES GROUPES ET MODE DE VENTILATION.	PRINTEMPS. VOLUMES D'AIR évacués par heure et par lit.	PRINTEMPS. VOLUMES D'AIR introduits par heure et par lit.	ETE. VOLUMES D'AIR évacués par heure et par lit.	ETE. VOLUMES D'AIR introduits par heure et par lit
	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.
1. Cheminée d'évacuation de l'air vicié sans orifices spéciaux pour l'introduction de l'air neuf.	35,833	»	18,159	»
2. Cheminée d'évacuation de l'air vicié et canaux d'introduction de l'air neuf.....	37,785	16,948	18,949	5,605
3. Cheminée d'évacuation de l'air vicié et canaux d'introduction de l'air neuf.....	32,494	10,625	19,253	6,164
4. Cheminée d'évacuation de l'air vicié activée par un courant d'air chaud, (système René), et introduit d'air chaud l'hiver....	21,385	11,568	12,918	»

L'on voit d'après ce résumé que pendant le printemps le volume d'air évacué a été, en moyenne, de $35^{m.c},377$, et pendant l'été $18^{m.c},487$ par heure et par lit.

Ces volumes ont été d'ailleurs peu différents dans les trois premiers groupes, et comme les vitesses d'écoulement dépendaient principalement de l'excès des températures intérieures sur les températures extérieures, bien plus que de l'action assez faible de la fumée des poêles, il est évident que l'on aurait obtenu des évacuations bien plus considérables, si l'on avait employé des cheminées d'évacuation de plus grandes sections.

Il en eût été de même des volumes d'air introduits, et ces volumes, comme les précédents, étant proportionnels aux aires des orifices, il résulte de ces expériences que, pour rendre ces derniers volumes égaux à ceux d'air évacués, il aurait fallu que les orifices d'introduction eussent une section à peu près triple de celles des orifices d'appel. Cette pro-

portion devrait même être dépassée pour diminuer la vitesse d'arrivée.

412. *Observations recueillies pendant les expériences.* — Le rapport de M. le chef du Génie de la place de Paris sur les résultats de ces essais signale les plaintes continuelles auxquelles l'introduction de l'air extérieur, par les orifices ouverts au niveau du sol a donné lieu ; ce qui confirme ce que nous avons dit au Chap. I des inconvénients des orifices ainsi disposés.

Le peu d'énergie des appels dans ces expériences a fourni, dans certains cas, l'exemple du renversement des courants, et il est signalé au rapport que dans l'une des chambres du deuxième groupe, lors des expériences de printemps, le courant d'air s'est plusieurs fois produit de dehors en dedans par la cheminée d'évacuation, et qu'un sous-officier occupant le lit placé immédiatement au-dessous de l'orifice d'évacuation aurait eu les yeux affectés, par suite de ces rentrées d'air froid pendant la nuit. Cet effet bien connu peut être considérablement atténué par certaines dispositions du genre de celles qui ont été introduites en Angleterre dans les casernes. Mais le renversement des courants est l'inconvénient de toutes les ventilations naturelles, surtout quand la différence des températures intérieure et extérieure est faible. Quant aux courants d'air froid qui s'introduisent par les portes et les fenêtres, ils étaient la conséquence de l'exiguïté des orifices normaux d'introduction et seraient considérablement atténués en donnant à ceux-ci les proportions que nous avons indiquées plus haut.

Si les résultats des expériences faites avec soin par le service du Génie militaire, à la caserne Bonaparte, ne sont pas satisfaisants, quant aux avantages obtenus, ils n'en sont pas moins instructifs, en ce qu'ils donnent une mesure de ce que l'on peut produire par des moyens simples et d'une application facile. Les inconvénients signalés sont très-réels, mais il n'est pas impossible ni difficile d'y remédier en très-grande

partie par des dispositions analogues à celles que nous avons indiquées au Chap. I et dont quelques-unes ont été mises en usage avec succès par la Commission anglaise chargée de l'amélioration de l'état sanitaire des casernes dont j'ai analysé dans l'Introduction le travail remarquable.

CHAPITRE VIII.

DU VOLUME D'AIR NÉCESSAIRE A L'ASSAINISSEMENT DES LIEUX HABITÉS.

413. *Du volume d'air nécessaire à la ventilation.* — A mesure que l'attention s'est portée davantage sur les questions relatives à la ventilation, les opinions se sont modifiées quant au volume d'air qu'il convient d'allouer par individu et par heure, mais, avant de rappeler les chiffres auxquels l'on est successivement arrivé, il convient de distinguer les diverses circonstances spéciales aux cas principaux, où il est nécessaire de recourir à ce moyen d'assainissement.

Il importe, en effet, de considérer à part les lieux qui sont habités d'une manière permanente de ceux dont l'occupation n'est que temporaire, soit pendant la journée entière, soit pendant quelques heures seulement.

Dans la première catégorie sont les hôpitaux, les prisons, où le chauffage l'hiver et la ventilation en toute saison doivent avoir lieu avec continuité.

Dans la seconde se trouvent d'abord les écoles, les bureaux, les ateliers de fabrique, etc., qui sont occupés pendant une grande partie de la journée; et ensuite les lieux de réunions temporaires, tels que les salles de conseils, d'assemblées, les amphithéâtres, les salles de spectacles, etc., où le chauffage et la ventilation ne doivent avoir lieu que pendant certaines heures.

L'on conçoit de suite que, pour les premiers locaux, où les causes d'insalubrité sont continues et permanentes, et peuvent même, en certaines circonstances, acquérir une influence et une gravité accidentelles, il faut établir la ventilation dans des conditions d'énergie et de stabilité bien plus grandes que pour les seconds.

Dans ceux-ci, en effet, où le séjour plus ou moins prolongé est mêlé de sorties, d'interruptions, il n'est pas aussi néces-

saire d'obtenir une ventilation parfaite ; et de plus l'aération des locaux pendant qu'ils ne sont pas occupés est un moyen puissant d'en faire disparaître les miasmes résultant de leur occupation temporaire.

414. *Autres conditions spéciales.* — — Outre ces conditions générales des lieux, il en est d'autres qui sont spéciales aux individus qui les occupent. Selon que ces individus seront sains, jeunes ou vieux, malades ou blessés, les volumes d'air qu'il convient de leur allouer devront varier dans des limites parfois très-étendues.

Les saisons et surtout les températures ont aussi une grande influence sur le volume d'air qu'il importe d'extraire des lieux habités et subsidiairement sur celui qui y rentre.

415. *Conséquences des conditions précédentes.* — Il résulte de ce qui précède qu'il n'est pas possible de fixer des bases générales d'après lesquelles on puisse déterminer d'une manière absolue le volume d'air qu'il convient d'allouer par individu et qu'il faut pour chaque cas se régler, d'après les résultats de l'observation. La science est tout à fait impuissante à déterminer cette proportion et elle n'en a jamais fourni que des estimations très-inférieures aux nécessités réelles.

416. *Indications fournies par M. Péclet et par divers auteurs.* — Ce physicien, qui s'est particulièrement occupé de cette question, n'est pas parvenu à donner, pour les différents cas des appréciations suffisamment nettes, relatives aux diverses applications à faire.

Ainsi, après avoir indiqué* que dans une salle d'école une ventilation de 6 mètres cubes par heure et par lit pour chaque enfant, ne laissait qu'une faible odeur dans la salle, il admet cependant ce faible volume comme** limite « inférieure

---

* 3e édition, n° 2814, page 29.
** 3e édition, n° 2007, page 26.

quand l'air de la pièce est mêlé avec l'air de ventilation et qu'il n'existe aucune cause particulière d'insalubrité, et que quand la ventilation a lieu de bas en haut, par tous les points du sol ou par des orifices très-nombreux et très-rapprochés, une ventilation de 7 à 11 mètres cubes d'air par personne et par heure fournit à chacun de l'air suffisamment pur. »

Les observations qui ont conduit M. Péclet à ces conclusions étaient relatives à l'ancienne Chambre des députés, où l'on ne siégeait que quelques heures et dans laquelle l'évacuation d'air s'élevait parfois, d'après les expériences de M. Leblanc, à 18 mètres cubes par heure et par personne.

Le même auteur (n° 2010) rapporte que dans cette salle, dont la capacité était de 4000 mètres cubes, l'air était vicié au bout d'une demi-heure, quand il n'y avait pas de ventilation. Cette salle pouvait contenir 1000 personnes, il s'ensuit qu'un individu sain viciait au moins par heure 8 mètres cubes, malgré le renouvellement que pouvaient produire l'ouverture fréquente des portes et l'échappement naturel qui avait lieu par les tribunes et les ouvertures supérieures.

En 1843, une Commission présidée par M. Arago concluait de ses recherches, au sujet de la prison Mazas, que le chiffre de la ventilation devait être porté à 10 mètres cubes.

Les Commissions d'hygiène ont aussi, pendant longtemps, admis qu'un volume de 10 mètres cubes d'air par heure et par malade était suffisant pour les hôpitaux, et lorsqu'en 1852 l'administration municipale mit au concours la question du chauffage et la ventilation de l'hôpital Lariboisière, elle se bornait à demander :

1° Une ventilation continue d'air chaud pendant l'hiver et d'air froid pendant la saison chaude à raison de 20 mètres cubes par lit et par heure dans les salles des malades ;

2° Une ventilation pendant le jour seulement dans les chauffoirs, à raison de 10 mètres cubes par lit du pavillon correspondant. Cette dernière proportion était évidemment bien

plus large que la première, attendu qu'une partie seulement des malades se promènent.

L'on remarquera que ces conditions étaient cependant relatives à des locaux destinés à des prisonniers ou à des malades, et que déjà l'on avait l'expérience qu'à l'hôpital Beaujon, dont un pavillon était ventilé par aspiration, un volume de 60 mètres cubes d'air par heure et par lit était à peine suffisant pour les salles ordinaires et que le directeur de cet hôpital en demandait davantage pour les salles de blessés.

417. *Résultats de diverses observations.* — D'une autre part, des expériences faites en 1852 au Conservatoire des arts et métiers, dans le grand amphithéâtre, avaient montré qu'une ventilation de 15 mètres cubes d'air par heure et par auditeur est à peine suffisante l'hiver, et les observations plus récentes que nous avons faites en 1862 nous prouvent que, quand le temps est doux, cette ventilation ne suffit pas même l'hiver, pour empêcher la température de s'élever à 22° et au delà dans cet amphithéâtre, ni pour y maintenir une salubrité satisfaisante. Nous avons été conduit par ces dernières recherches à regarder le volume de 25 à 30 mètres cubes d'air par heure et par auditeur comme un minimum.

D'autres expériences faites la même année sur la ventilation de la salle des séances de l'Académie des sciences ont fait voir qu'une extraction d'air de 28 à 29 mètres cubes par heure et par personne était parfois insuffisante, et que d'une autre part elle donnait lieu à des courants d'air fort gênants, quand elle n'est pas bien répartie.

Des observations plus récentes, dues à M. Grassi, à MM. Trélat et Péligot, à MM. Thomas et Laurens, et d'autres très-nombreuses que j'ai fait exécuter en 1860-61, à l'hôpital Lariboisière, ont montré qu'une évacuation de 60 à 70 mètres cubes d'air par heure et par lit n'empêche pas toujours l'air des salles de cet hôpital d'avoir une odeur désagréable.

M. Péclet lui-même dit (n° **2014**) que l'on a reconnu « que dans les hôpitaux, les salles de chirurgie ne pouvaient être

assainies et dépouillées de toute mauvaise odeur, qu'avec une ventilation de près de 100 mètres cubes d'air par individu et par heure. »

J'ai rapporté, au Chap. V de ces études*, des expériences relatives au parti que l'on peut, en cas de besoin, tirer temporairement de la chaleur developpée par le gaz d'éclairage pour les effets de ventilation; pour le moment, je me contenterai de rappeler le fait suivant, qui se rattache directement à la question que je traite ici.

Les observations que j'ai rapportées au n° **233**, chap. V, en montrant l'utilité d'un certain nombre de becs de gaz, pour les cas où l'on a accidentellement besoin de donner à la ventilation par appel une énergie plus grande qu'à l'ordinaire, ont montré qu'un volume d'air de 45 mètres cubes par heure et par lit n'était pas suffisant pour un hôpital.

A l'hôpital militaire de Vincennes, dans l'un des pavillons duquel l'on a établi le système de ventilation d'aspiration par en bas et où l'on obtient facilement une évacuation de 80 à 120 mètres cubes et plus par heure et par lit**, les arrivées d'air nouveau n'étant pas partout également bien disposées, les médecins militaires avaient demandé*** que le volume d'air évacué fût réduit à 30 mètres cubes. L'on a été, après trois mois d'expériences, obligé, surtout pour les salles des fiévreux, de rétablir la ventilation à raison de 60 mètres cubes d'air par heure et par lit.

Dans les locaux qui ne sont occupés que temporairement et où le nombre des individus présents est parfois très-considérable, par rapport à leur capacité, les difficultés de la ventilation peuvent devenir parfois d'autant plus grandes, qu'outre les causes d'altération de l'air inhérentes aux personnes se

---

* 3e édition, page 29.

** Rapports de MM. les commandants du génie Calop et Lacoste, et Rapport du comité des fortifications au ministre de la guerre.

*** Rapport de M. le commandant Lacoste.

joignent celles qui proviennent des appareils d'éclairage, dont on n'a pas su jusqu'ici diminuer les inconvénients.

J'ai rapporté plus haut le résultat des observations faites dans le grand amphithéâtre du Conservatoire des arts et métiers et au palais de l'Institut, et desquelles il semble résulter que le volume d'air à extraire de ces locaux devrait être d'environ 40 mètres cubes par heure et par personne, si cela était possible.

Quant aux salles de spectacle, on est loin d'être fixé à ce sujet, et si la Commission chargée d'étudier la question pour les nouveaux théâtres de la place du Châtelet s'est arrêtée au chiffre de 30 mètres cubes d'air par heure et par spectateur, elle n'a pas eu pour cette fixation des données d'expériences et d'observations qui lui permissent de la regarder comme suffisamment exacte. Elle a été limitée dans ses appréciations par la crainte de créer à la solution cherchée des difficultés trop grandes ou de conduire à des dépenses exagérées. Les expériences, qui ont été faites par mes soins dans ces théâtres, depuis qu'ils sont achevés, paraissent cependant montrer que ce chiffre, calculé pour la totalité des places, serait à peu près suffisant, attendu qu'elles ne sont presque jamais toutes occupées.

Il convient toutefois de faire remarquer, que dans les théâtres comme dans les amphithéâtres et dans tous les lieux de grandes réunions, l'air est à la fois vicié par la respiration et par les émanations, et qu'en outre il est échauffé par la présence des individus, et souvent aussi, par le grand nombre de becs d'éclairage qui y sont allumés. La ventilation doit donc non-seulement assainir ces locaux par l'enlèvement de l'air vicié, mais encore y empêcher l'élévation de la température, par l'introduction d'air relativement frais.

Or, cette dernière condition crée à la solution du problème une grande difficulté de plus, car non-seulement cet air nouveau ne doit affluer qu'avec une faible vitesse et loin des personnes, mais en outre il y a des inconvénients graves à ce que sa température soit de beaucoup inférieure à celle

des lieux à ventiler; car alors il causerait une sensation de froid fort désagréable. Cette dernière condition oblige à se réserver en tous temps les moyens de modérer, de régler à peu près la température de l'air affluent, et à en augmenter le volume dans des proportions considérables, nécessaires pour certaines circonstances et surabondantes pour d'autres.

De là résulte la nécessité d'appareils de réglementation et surtout celle d'un service de surveillance intelligente, qui manque à peu près dans tous les lieux où l'on a établi, souvent à grands frais, des appareils de ventilation, et dont l'absence rend infructueuses et inefficaces les meilleures dispositions.

Pour les casernes, qui, ainsi que l'a justement fait remarquer la Commission anglaise dont j'ai analysé le travail dans l'Introduction, ne sont guère occupées par les soldats que pendant huit heures sur vingt-quatre. La ventilation de jour se fait presque toujours par l'ouverture des fenêtres, mais pour celle de nuit où les hommes n'ont en général qu'un espace libre de 16 mètres cubes chacun, le chiffre qui paraît adopté par le service anglais, ne s'élève qu'à $34^{m.c},6$ par heure et par homme, et en France le service du Génie paraîtrait assez disposé à admettre le même volume d'air pour la ventilation des chambres de soldats.

Ce chiffre me semble trop faible, et je crois qu'il serait convenable de le porter au moins à 40 mètres cubes par heure et par homme, en se réservant les moyens de l'accroître encore en certaines circonstances. Ce qui pourrait probablement se faire assez facilement, si on combinait convenablement les dispositions de la ventilation avec les appareils de chauffage des cuisines.

Quoique je ne me sois jusqu'ici occupé que des lieux habités par des hommes, il ne sera pas hors de propos d'ajouter que des expériences toutes récentes, faites par mes soins dans les écuries de la Compagnie générale des omnibus, ont montré qu'au printemps un renouvellement d'air de 160 à 190 mètres cubes par heure et par cheval est à peu près suf-

fisant pour empêcher la température et l'état hygrométrique de l'air de s'élever trop haut.

418. *Conséquences de cette discussion.* — En résumé, l'examen précédent des proportions diverses qui ont été proposées ou admises, et celui des observations recueillies jusqu'à ce jour, nous conduisent à maintenir, à très-peu près, pour le volume d'air à extraire des locaux à ventiler, les proportions que nous avions indiquées en 1860, dans un rapport relatif au chauffage et à la ventilation des bâtiments du palais de justice de Paris et qui sont les suivantes :

	Par heure et par individu.	
Hôpitaux : Malades ordinaires.....	70 mètres cubes.	
Blessés et femmes en couches.....	80 à 100	»
En temps d'épidémie..	150	»
Prisons.....	50	»
Ateliers ordinaires.....	60	»
Ateliers insalubres.....	100	»
Casernes { de jour.....	30	»
Casernes { de nuit.....	40 à 50	»
Salles de spectacles, théâtres.....	40 à 50	»
Salles d'assemblées prolongées...	60	»
Écoles d'enfants.....	15 à 20	»
Écoles d'adultes.....	30 à 40	»
Écuries.....	180 à 200	»

Toutes ces données sont relatives au volume d'air vicié qui doit être évacué, et elles supposent implicitement, que, par des dispositions convenables, on assurera la rentrée de l'air en quantité suffisante et de la manière la mieux appropriée à chaque cas particulier.

A ce sujet, il est bon de faire remarquer que toutes les observations sont d'accord pour montrer que, quand l'aspi-

ration de l'air vicié est produite d'une manière assez énergique, le volume d'air évacué est toujours supérieur à celui dont on a ménagé la rentrée par des appareils de chauffage dans une proportion qui est le plus souvent de 3 à 2, ce qui ne doit pas empêcher de disposer avec soin les orifices d'admission de l'air nouveau, comme nous l'avons expliqué précédemment.

Il y a d'ailleurs des cas, comme celui des salles de spectacle, où l'existence d'un grand nombre de portes exige, que des précautions soient prises contre les rentrées incommodes d'air extérieur par les ouvertures.

419. *Observation sur l'infection de l'air.* — Les nombres qu'on vient d'indiquer paraîtront peut-être bien considérables et hors de proportion avec les besoins, mais à mesure que je me suis davantage occupé de cette question, j'ai été de plus en plus confirmé dans ces appréciations.

On ne se fait pas une idée exacte, et il est, en effet, très-difficile de se rendre compte de l'infection que produisent dans l'air la respiration et les émanations cutanées, lorsqu'un certain nombre d'individus sont réunis dans un même lieu. Quand l'air, chargé de ces miasmes, s'échappe par des orifices d'évacuation ou par des cheminées d'appel, il est littéralement empoisonné, non-seulement impropre à la respiration, mais tout à fait susceptible de produire l'asphyxie. On en a vu des exemples, et un jeune ingénieur que j'employais en 1847 à des expériences à l'hospice Beaujon, a couru risque de la vie, pour avoir pendant quelques instants, engagé la partie supérieure du corps dans la cheminée d'appel; il était presque asphyxié. Pareil accident a failli arriver en 1860 au palais de justice, à un autre ingénieur, dans des circonstances analogues, en faisant des observations pendant une audience.

Cette infection de l'air de la cheminée d'appel et d'évacuation générale, se manifeste même lorsque les salles d'où provient cet air paraissent être parfaitement ventilées et sa-

lubres. Elle a été éprouvée à un degré très-sensible par M. Pelouze et par moi, à l'hôpital Necker, le 16 juin 1860, alors qu'une grande partie des fenêtres du pavillon des femmes étaient ouvertes, et que les salles de ce pavillon ne nous avaient laissé soupçonner rien de pareil.

M. Péclet (n° 2009)* signale le même fait en ces termes, au sujet de la ventilation de l'ancienne Chambre des députés :

« L'odeur dans les cheminées d'appel était extrêmement désagréable et cependant l'air de la salle était sans odeur et les cheminées très-propres. »

Il paraît de plus que les parois des conduits s'emprègnent d'émanations plus ou moins fétides, dont l'effet se fait sentir lors même que les locaux auxquels ils sont destinés ont cessé pendant quelque temps d'être occupés.

---

* 3e édition du *Traité de la chaleur*, 3e vol., page 28.

CHAPITRE IX.

DES DIVERS SYSTÈMES DE CALORIFÈRES EMPLOYÉS DANS LES APPAREILS DE VENTILATION.

420. Quoique dans ces études je ne me propose point d'embrasser la question des calorifères qui, à elle seule, exigerait de très-longues recherches, je ne puis me dispenser d'en dire ici quelques mots, parce qu'elle est presque toujours intimement liée à celle de la ventilation, même dans le cas où l'on emploie des appareils mécaniques.

J'examinerai donc, au seul point de vue de leurs relations avec la ventilation, les différents systèmes de calorifères en usage, mais uniquement sous le rapport de leurs propriétés générales, sans entrer dans l'examen des détails de construction.

421. *Des divers genres de chauffage.* — Les appareils de chauffage qu'on emploie sont au nombre de quatre principaux qui se subdivisent ou se combinent dans certains cas; ce sont :

1° Les cheminées ordinaires ou composées.

2° Les poêles ou calorifères à air chaud.

3° Les appareils à vapeur.

4° Les appareils à circulation d'eau.

Examinons-en successivement les propriétés et les inconvénients.

422. *Des cheminées.* — On sait que le chauffage par les cheminées est le moins économique de ceux qu'on peut employer, mais on n'ignore pas non plus, que dans la vie habituelle l'usage des cheminées est beaucoup plus favorable à la santé pour la ventilation que celui des autres appareils connus.

Les expériences que j'ai rapportées au Chapitre V montrent que les cheminées ordinaires sont un moyen puissant de ventilation, et j'ai indiqué les dispositions à prendre pour les utiliser à cet effet, même quand on ne veut pas chauffer les appartements.

En Angleterre, on regarde en général, comme à peu près impossible de se priver de l'usage des foyers découverts. Aussi est-il maintenu dans les casernes et dans certains hôpitaux, où on se sert de ce moyen simple et puissant, mais peu économique, pour produire l'aspiration de l'air vicié et subsidiairement la rentrée de l'air pur, même pendant la saison d'été.

L'agrément que présente l'aspect d'un bon feu, la facilité qu'il donne de se chauffer momentanément, sont, sans doute, des motifs qui, dans la vie privée, peuvent faire préférer les cheminées aux autres moyens de chauffage, mais elles exigent des soins d'ordre, de propreté et de prudence, qu'on ne peut toujours obtenir dans des lieux de réunion, dans des hôpitaux, dans des écoles, etc., et l'économie ne permet guère en France d'en conseiller l'usage pour les établissements publics. Je ne crois donc pas devoir m'en occuper davantage au point de vue de la ventilation, comme moyen normal, et je me borne à ce que j'ai dit au Chap. V.

423. *Des poêles et des calorifères à air chaud.* — Tous les appareils de ce genre consistent, comme on sait, en un foyer intérieur entouré d'une enveloppe en briques et trop souvent de parois métalliques dans lesquelles circulent d'une part la fumée et les produits de la combustion, et de l'autre de l'air pris à l'intérieur ou à l'extérieur des locaux à échauffer, où il pénètre à une température plus ou moins élevée.

Quand ils sont installés dans l'intérieur des salles à échauffer, les poêles ou calorifères produisent cet effet par la chaleur rayonnante qu'ils émettent, et par celle qu'ils transmettent à travers leurs parois, en même temps que par l'introduction de l'air chaud qui a circulé dans leur inté-

rieur. Lorsque cet air est pris à l'extérieur, ces appareils concourent, dans une certaine proportion, à la ventilation, puisqu'ils introduisent dans les lieux échauffés de l'air nouveau. Mais comme ils ne sont alors presque jamais combinés avec des moyens d'évacuation convenables, leur effet, sous ce rapport, est souvent plus nuisible qu'utile.

L'air qu'ils fournissent est toujours, quelque soin qu'on apporte à leur construction et à la conduite du feu, à une température trop élevée et comme d'ailleurs leur foyer n'exige qu'une assez faible quantité d'air pour son alimentation, il en résulte qu'ils ne produisent pas un renouvellement suffisant de l'air et ne peuvent être considérés comme des appareils de ventilation.

Il en est encore de même des calorifères extérieurs qui servent à échauffer les diverses pièces d'une habitation, dans laquelle ils répartissent, par des conduits, de l'air chaud qui en élève la température, sans que des conduits d'évacuation correspondants soient disposés pour l'extraction de l'air vicié.

Les chauffages de ce genre sont en général désagréables et peu salubres.

Mais, quand à ce moyen d'échauffement des appartements, on joint l'usage des cheminées ordinaires, ou même celui de simples cheminées d'évacuation, convenablement proportionnées, on peut, à la fois, obtenir dans ces locaux une température douce et une ventilation réelle.

Le second cas est celui des étuves à sécher le linge, les substances végétales, etc. Quand les dispositions sont bien prises, l'on y obtient des résultats assez favorables, mais pour les lieux habités, c'est à peine si l'existence des cheminées d'évacuation peut suffire à l'assainissement quand il fait froid et que le chauffage est actif. Il faut, la plupart du temps, et surtout quand un assez grand nombre d'individus sont réunis dans un même local, activer la ventilation, tant sous le rapport de l'introduction de l'air nouveau, que sous celui de l'évacuation de l'air vicié.

Les calorifères à air chaud présentent, sous le rapport de l'établissement et de l'installation, une économie et des facilités plus grandes que les autres systèmes que nous avons à examiner. On leur attribue aussi l'avantage de l'économie dans la dépense journalière de combustible. A ce sujet, je ne suis pas aussi convaincu de l'exactitude de cette appréciation que la plupart des auteurs qui ont écrit sur ce sujet. La haute température à laquelle l'air est élevé dans tous ces appareils, après qu'il y a pénétré, et celle même à laquelle il en sort et qui est rarement inférieure à 80°, me semblent des conditions défavorables pour l'emploi de la chaleur. Les expériences faites sur les cheminées en tôle et autres que j'ai rapportées au Chap. V, montrent, en effet, que plus la température à laquelle l'air est élevé est basse, plus l'effet utile correspondant à chaque unité de chaleur développée est grand.

Outre ces données d'expériences faites avec soin, et dont la conséquence logique ne serait pas favorable aux calorifères à air chaud, je trouve dans plusieurs faits de la pratique et d'observations en grand la confirmation de cette opinion.

Ainsi, dans plusieurs occasions où des constructeurs d'appareils de chauffage et de ventilation ont été appelés à concourir, tant pour l'établissement de ces appareils que pour leur mise en service par abonnement, il est arrivé que les prix demandés pour le chauffage à l'eau chaude ou par l'emploi mixte de la vapeur et de l'eau chaude, ont été égaux et parfois inférieurs à ceux des auteurs de calorifères à air chaud.

A l'appui de cette opinion je citerai pour exemples venus à ma connaissance les suivants :

424. *Observations sur des calorifères à air chaud établis à l'École polytechnique.* — M. René Duvoir avait établi à l'École polytechnique des calorifères ou poêles ordinaires en fonte dans plusieurs salles de l'École polytechnique en 1849, et les avait disposés de manière à produire à la fois le chauffage

et la ventilation par appel, tant pour l'introduction de l'air nouveau que pour l'extraction de l'air vicié. La disposition adoptée par le constructeur était à peu près identique à celle qui a été indiquée par M. Péclet pour les écoles que j'ai décrites au n° 401 et suivants.

Je trouve dans un rapport fait par une commission composée de MM. Regnault, de l'Institut, de Garidel et Renié les détails suivants sur les dispositions et les effets de ces appareils.

« Le calorifère est en fonte et muni d'une enveloppe en tôle pour la circulation de l'air appelé de l'extérieur et qui est versé dans l'enceinte après s'être échauffé au contact des parois du poêle. »

« Les tuyaux de fumée se rendent dans une cheminée d'appel destinée à produire le renouvellement de l'air des deux salles contiguës. »

« Pour l'une de ces salles, la prise d'air frais est faite sur l'escalier, pour l'autre sur la grande cour. »

« Quatre ouvertures à grilles pratiquées dans le sol de chaque salle établissent la communication entre la salle et la cheminée d'appel par l'intermédiaire d'un canal horizontal. »

« Les expériences ont été faites dans la salle 28, 1re division.

A midi, la température dans la salle était de 15^0

A midi et demie..... $17^0,5$

après avoir poussé le feu.

« La quantité d'air qui s'écoule vers la cheminée d'appel pour cette seule salle est de $338^{m.c},20$ par heure, ce qui ferait $42^{m.c},5$ par personne et par heure (la salle contenant huit élèves). »

« Aux termes du marché, la ventilation obligatoire est de 20 mètres cubes par personne et par heure, lorsque les poêles fonctionnent.

« Le volume d'air qui pénètre dans la salle et arrive par la bouche d'appel est de $299^{m.c},3$.

Cela revient à $37^{m \cdot c},50$ par personne et par heure.

Le procès-verbal des expériences indique que, dans la salle contiguë, le volume d'air frais introduit était de $176^{m \cdot c},6$ pour huit élèves ou 22 mètres cubes par heure et par personne. Il ne donne pas le volume d'air extrait de cette salle.

Le rapport ajoute : « Nous avons été à même de constater les différences que présentent à l'égard de l'odorat l'air des salles ventilées et l'air des salles où le même système n'est pas appliqué. Il régnait dans ces dernières une odeur toujours appréciable qu'on ne rencontrait pas dans les salles ventilées.

« Le seul inconvénient qu'on pourrait reprocher à ce système de poêles, et qui est au surplus inhérent à tous les calorifères à enveloppes métalliques, c'est la rapidité avec laquelle le refroidissement a lieu lorsqu'on cesse d'entretenir le feu. »

425. *Observations sur les résultats précédents.* — Ce rapport montre qu'avec des poêles calorifères du modèle essayé, l'on peut produire à la fois une évacuation d'air vicié et une introduction d'air pur très-suffisantes pour des locaux où ne se trouvent réunis qu'un petit nombre d'individus. Ainsi l'on a observé que le volume d'air nouveau introduit était :

Pour la salle 28 égal à $299^{m \cdot c},3$ par heure;

Pour la salle contiguë $176^{m \cdot c},6$

Moyenne. 238

L'observation du volume d'air vicié extrait n'a été faite que pour la salle 28 et il a été trouvé égal à 338 mètres cubes en une heure. Si nous admettons la supposition défavorable que pour les deux salles les volumes d'air extraits sont entre eux comme les volumes d'air introduits, celui de l'air vicié extrait de la seconde salle aurait été d'environ 228 mètres cubes par heure, et le volume total d'air vicié extrait par heure aurait été de 616 mètres cubes. Il faut faire remarquer qu'à l'École polytechnique les salles d'étude sont au premier

BOSTON MEDICAL
FEB 10 1917
LIBRARY

étage, et que les cheminées d'appel ont au-dessus de cet étage environ 20 à 22 mètres de hauteur, ce qui favorisait l'écoulement, tandis que dans les écoles primaires de Grenelle où nous n'avons trouvé pour des poêles analogues qu'une évacuation de 418 mètres cubes au plus en février 1862, par une température extérieure de 17°, la hauteur des cheminées ne dépasse pas 12 mètres.

L'on observera aussi que le volume d'air nouveau appelé par le calorifère n'a été que de 238 mètres cubes en une heure, et par conséquent égal à peu près à $\frac{138}{616} = 0{,}287$ du volume d'air extrait; le surplus étant fourni par les ouvertures des portes et des fenêtres.

Telles sont les seules conséquences que nous puissions tirer de ces expériences qui n'ont été faites que dans le but de constater que le constructeur avait satisfait à ses engagements. Depuis l'époque où elles ont été exécutées, les calorifères à air chaud ont été remplacés par des appareils de chauffage à l'eau chaude établis par le même constructeur.

426. *Bâtiment d'administration du chemin du Nord.* — La compagnie du chemin de fer du Nord ayant, en 1861, appelé plusieurs constructeurs à présenter des projets pour le chauffage et la ventilation, dans des conditions données, du bâtiment d'administration qu'elle vient de faire construire. Six entrepreneurs ont concouru. Parmi les projets, trois consistaient dans des chauffages à l'eau chaude ou à la vapeur, et trois dans l'emploi de calorifères à air chaud.

Les prix demandés pour l'établissement et pour le service par abonnement, entretien compris, sont indiqués dans le tableau suivant, où nous avons donné aux divers projets de simples numéros d'ordre, sans faire connaître les noms de leurs auteurs.

La condition fondamentale était de chauffer tous les locaux faisant partie de ces bâtiments, dont la capacité totale est de 30 098 mètres cubes, à la température moyenne de 15° en

produisant une ventilation de 38 200 mètres cubes d'air par heure dans des locaux destinés à contenir habituellement 576 personnes, ce qui constituait une ventilation de $66^{m \cdot c},3$ par heure et par personne en moyenne.

TABLEAU COMPARATIF DES SOUMISSIONS PRÉSENTÉES A LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DU NORD, POUR LE CHAUFFAGE ET LA VENTILATION DU BATIMENT D'ADMINISTRATION.

SYSTÈME DE CHAUFFAGE.	NUMÉROS D'ORDRE.	PRIX DEMANDÉ pour l'établissement des appareils.	PRIX DEMANDÉ pour le service annuel.	OBSERVATIONS.
		francs.	francs.	
à l'air chaud....	1	52 000*	13 500	* Chiffre insuffisant pour avoir de bons appareils.
	2	80 000	16 000	
	3	72 000	16 600**	
à l'eau chaude...	1	200 000	16 500	** et *** Projets de M. d'Hamelincourt.
	2	100 000	12 000***	
à la vapeur.....	1	105 090	16 000	

L'on voit par ces chiffres que, de tous les projets présentés, celui qui proposait l'abonnement le plus avantageux de beaucoup et qui a été adopté, était un projet de chauffage marqué *** par circulation d'eau. Il y a même eu cela de remarquable que le constructeur, auteur de ce projet, dans la crainte que la compagnie ne se refusât à employer la circulation d'eau, en avait aussi présenté un autre marqué **, basé sur l'usage d'un calorifère à air chaud, et que cet ingénieur, fort expérimenté, demandait pour le service, dans ce dernier cas, un prix d'abonnement supérieur à celui qu'il indiquait dans son autre projet, où il employait la circulation de l'eau chaude.

427. *Résultats observés à l'hôpital Beaujon.* — Un document que je possède depuis longtemps, et qui émane de la direction de l'hôpital Beaujon, nous fournit pour la comparaison des dépenses journalières faites avec divers systèmes de chauffage les données suivantes relatives à cinq années consécutives.

Relevé du combustible employé pendant les années 1846, 1847, 1848, 1849, 1850, pour le chauffage des quatre pavillons.

ANNÉES.	1er PAVILLON CHAUFFÉ PAR DES POÊLES.			2e PAVILLON CHAUFFÉ PAR CIRCULATION d'eau.			3e PAVILLON CHAUFFÉ PAR UN CALORIFÈRE à air chaud.			4e PAVILLON CHAUFFÉ PAR DES POÊLES.			OBSERVATIONS.
	Bois.	Charbon de terre.	Coke.	Bois.	Charbon de terre.	Coke	Bois.	Charbon de terre.	Coke.	Bois.	Charbon de terre.	Coke.	
	stèr.	hect.	hect.	stèr.	hect.	hect.	stèr.	hect.	hect.	stèr.	hect,	hect.	
1846..	14	204	48	7	233	»	6	248	»	8	272	»	Le pavillon n° 2 est ventilé, l'escalier est chauffé et il y a de l'eau chaude à chaque étage.
1847..	21	252	52	1	363	»	6	367	»	14	303	»	
1848..	26	268	45	5	272	»	9	288	»	21	288	»	
1849..	34	248	58	6	201	»	11	431	»	24	260	7	Le pavillon n°3 n'est pas ventilé, l'escalier n'est pas chauffé.
1850..	28	232	48	7	318	»	10	318	»	28	228	48	
Totaux.	123	1204	251	26	1387	»	42	1649	»	95	1351	55	

A ce tableau il faut ajouter, ce qui d'ailleurs est évident à la simple lecture, que les pavillons n° 1 et n° 4 chauffés par des poêles ne sont pas ventilés *.

Pour ramener les chiffres précédents à l'emploi d'un seul et même combustible j'admettrai les bases suivantes :

1 stère de bois pèse moyennement 400 kilogrammes et la combustion de 1 kilogramme de bois développe 3000 unités de chaleur, tandis que celle de 1 kilogramme de houille en développe 7050.

D'où il suit que 1 stère de bois équivaut à

$$\frac{400^{kil} \times 3000}{7050} = 170 \text{ kilogrammes de houille.}$$

De même 1 hectolitre de coke pèse en moyenne 40 kilogrammes et la combustion de 1 kilogramme de coke développe 6000 unités de chaleur, d'où il résulte que 1 hectolitre de coke équivaut à

$$\frac{40 \times 6000}{7050} = 34 \text{ kilogrammes de houille.}$$

Enfin 1 hectolitre de houille pesant en moyenne 84 kilogrammes et les résultats consignés dans le tableau précédent étant relatifs à cinq années ou à 1826 jours, il s'en suit qu'ils peuvent être ramenés aux consommations de houille ci-après :

---

* Il y a lieu de faire remarquer que, depuis 1850, les appareils de la maison René et Duvoir ont reçu de notables perfectionnements.

NUMÉROS des Pavillons.	MODE de chauffage.	CONSOMMATION moyenne de houille par jour.	OBSERVATIONS.
		kil.	
1	Poêles.....	71	Sans ventilation.
2	Circulation d'eau chaude (L. Duvoir-Leblanc)....	64	Avec ventilation ; chauffage des escaliers et fourniture d'eau chaude.
3	Calorifères à air chaud...	80	Sans ventilation ni chauffage d'eau et des escaliers.
4	Poêles.....	72	Sans ventilation.

Le pavillon n° 2 chauffé à l'eau chaude étant en outre ventilé, il y aurait lieu de déduire de la consommation journalière équivalente à 64 kilogrammes de houille la chaleur emportée par l'air extrait de la salle; cette réduction est assez difficile à faire exactement, car bien qu'il ait été constaté par des expériences directes que le volume d'air extrait de ce pavillon s'élève à 56 mètres cubes par heure et par lit, il n'est pas certain que ce chiffre soit régulièrement atteint ou ne soit pas dépassé dans certaines circonstances.

Quoiqu'il en soit, et sans recourir à une correction de ce genre, l'on voit que le chauffage par circulation d'eau chaude a donné lieu dans l'hôpital Beaujon à une consommation de combustible notablement moindre que les autres appareils employés dans le même hôpital, tout en joignant la ventilation au chauffage.

428. *Résultats observés pendant le chauffage d'hiver à l'hôpital Beaujon.* — L'on trouve dans le troisième volume de la troisième édition du *Traité de la chaleur* par M. Péclet (p. 297, n° **2592**) les résultats suivants relatifs aux quatre pavillons de l'hôpital Beaujon :

DESIGNATION des pavillons.	MODE DE CHAUFFAGE.	QUANTITÉ de houille brûlée.
		kil.
N° 1	Chauffé par des poêles, non ventilé.....	108
N° 2	Chauffé à l'eau chaude et ventilé.....	129
N° 3	Chauffé à l'air chaud et non ventilé.....	146
N° 4	Chauffé à l'air chaud et ventilé par appareil mécanique (non compris le salaire du mécanicien).....	147

Ces résultats concordent d'autant mieux avec les précédents que le volume d'air vicié extrait du pavillon n° 2 chauffé et ventilé par circulation d'eau chaude est beaucoup plus considérable que celui qui est extrait du pavillon n° 4 chauffé à l'air chaud et ventilé par appareil mécanique.

Si donc les frais d'établissement sont moindres pour les calorifères à air chaud, il n'est pas, je crois, aussi vrai que la dépense journalière faite par ces appareils soit inférieure à celle qu'exige l'emploi de l'eau chaude ou de la vapeur.

Il convient d'ailleurs de faire remarquer que l'économie de la construction des calorifères à air chaud n'est que trop souvent obtenue par l'emploi de tuyaux de circulation de fumée en tôle, au lieu de tuyaux en fonte, les seuls que l'on doive admettre. L'expérience prouve, en effet, qu'au bout de cinq à six ans les tuyaux en tôle sont presque complétement hors de service, tandis que les tuyaux en fonte durent douze à quinze ans et même plus si le feu est bien conduit. Aussi les entrepreneurs prudents, qui se chargent de l'entretien par abonnement à long terme, n'hésitent-ils jamais à employer la fonte.

429. *Chauffage du bâtiment des Archives de la guerre.* — Ce bâtiment se compose de quatre étages et de vastes combles servant de dépôts. Ces étages ont ensemble, y compris les corridors et les escaliers, déduction faite des épaisseurs des planchers et des murs, 48 mètres de longueur dans œuvre,

$13^{m},80$ de largeur et $15^{m},90$ de hauteur, formant un cube total de $10921^{m\ c.},6$.

Le bâtiment est chauffé par trois calorifères à air chaud disposés dans les caves à intervalles égaux, ce qui n'attribue à chacun, à droite et à gauche, qu'une distance horizontale d'action de 9 mètres au plus.

Les températures à entretenir étaient fixées par le marché ainsi qu'il suit :

Vestibules	18^{0}
Bureaux	18^{0}
Antichambres	16^{0}
Bibliothèques	18^{0}
Escaliers	16^{0}
Salles d'archives	12^{0} à 14^{0}.

Des observations faites jour par jour à une heure de l'après-midi pendant les trois saisons de chauffage d'octobre à mai, des années 1850-51, 1852-53 et 1854-55 ont montré que les températures fixées étaient toujours obtenues et souvent dépassées.

Les consommations journalières ont aussi été relevées avec soin et certifiées par l'inspecteur des travaux du ministère ; ces relevés peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

EXERCICES.	NOMBRE de jours de chauffage.	NOMBRE de jours où la température extérieure a été au-dessous de zéro.	CONSOMMATION totale de houille.	CONSOMMATION DE HOUILLE par 24 heures.	CONSOMMATION DE HOUILLE pour 1000 m.c. de capacité du bâtiment et par 24 heures.
			kil.	kil.	kil.
1850—51	227	0,00	22481	90,9	8,32
1852—53	225	1,00	23994	106,0	9,70
1854—55	205	14,00	28267	137,0	12,05
Moyenne des trois années				111,3	10,02

Ces résultats montrent l'influence considérable des différences de rigueur des hivers sur la consommation de combustible.

La consommation moyenne de ces trois années, pour le chauffage de jour de ce bâtiment, a été $10^{kil},02$ par 1000 mètres cubes de sa capacité.

430. *Proportions des surfaces de chauffe des calorifères à air chaud.* — Les proportions adoptées par les constructeurs pour ce genre de calorifères sont très-variables même parmi les plus habiles.

Ainsi, tandis que les uns allouent seulement 5 mètres carrés de surface de chauffe par 1000 mètres cubes de capacité des locaux à chauffer, d'autres donnent jusqu'à 10 mètres carrés. Ces proportions sont relatives à des calorifères dont les tuyaux sont en fonte de 10 à 14 millimètres d'épaisseur et l'on ne compte pour surface effective de chauffe que les parties réellement exposées à l'action du feu ou au contact des gaz chauds.

L'emplacement des calorifères et la disposition des locaux qu'ils doivent chauffer ainsi que la combinaison du chauffage avec la ventilation, doivent être pris en considération lorsqu'il s'agit de déterminer les proportions de ces appareils.

Ainsi, des calorifères destinés à chauffer des vestibules de palais, d'hôtels, de théâtres où l'ouverture incessante des portes permet l'introduction de l'air extérieur, paraissent devoir être proportionnés à raison de 8 à 10 mètres carrés de surface de chauffe par 1000 mètres cubes d'espace à chauffer.

Ceux de l'intérieur des bâtiments des palais de justice, des dépendances d'une scène de théâtre, moins exposés à l'entrée de l'air extérieur, peuvent être réduits à 4 mètres carrés ou 6 mètres carrés par 1000 mètres cubes d'espace à chauffer.

Enfin, s'il s'agit de locaux qui doivent être à la fois chauffés et ventilés, tels que des salles de réunion, des amphithéâtres,

des hôpitaux, des salles de spectacle, il convient de proportionner la surface de chauffe à 9 ou 10 mètres carrés par 1000 mètres cubes de leur capacité.

Il y a, du reste, dans tous les cas avantage au point de vue du bon emploi du combustible à exagérer un peu les dimensions des calorifères plutôt qu'à les restreindre, et sous ce rapport l'économie des frais d'établissement a peu d'importance.

432. *Inconvénients des calorifères à air chaud.* — J'ai déjà indiqué l'inconvénient le plus grave de ces calorifères en parlant de la température élevée de l'air qu'ils fournissent même lorsqu'ils sont bien construits et conduits avec attention. Mais il devient encore bien plus sensible lorsque le feu est irrégulièrement alimenté, ce qui est presque inévitable. Alors à des températures de 30 à 40° succèdent parfois rapidement celles de 60°, 80° à 100° et plus. C'est ce qui arrive presque partout et rend le voisinage des bouches de chaleur intolérable.

Mais même lorsque le feu est modéré et qu'il existe dans la pièce échauffée une cheminée ordinaire ou d'appel, quand la température générale de cette pièce atteint seulement 18° à 20° l'on sent presque toujours au bout d'un certain temps une pesanteur de tête que ne produit pas le feu de cheminée. La raison en est simple et se trouve tout naturellement dans les résultats d'expériences sur les cheminées. C'est la différence considérable de ventilation qui se produit à température égale, quand un feu modéré dans une cheminée appelle 600 à 800 mètres par heure, ou quand la même température est entretenue par une bouche de chaleur qui fournit de l'air à 60° ou 80°, dont le volume ne peut excéder 250 mètres cubes à 350 mètres cubes, sans qu'il en résulte un trop grand échauffement.

Le reproche d'insalubrité que l'on s'accorde généralement à faire à l'air chauffé par le contact de surfaces métalliques est souvent exagéré, mais je le crois néanmoins fondé; car

les poêles ordinaires en faïence qui consomment peu d'air et par conséquent ne produisent qu'une faible ventilation n'occasionnent pas la même sensation pénible que les calorifères à air chaud.

Il y a cependant des moyens de diminuer le défaut dont nous venons de parler, et outre les dispositions intérieures à donner aux calorifères pour limiter et modérer la température de l'air qu'ils fournissent, j'ai indiqué l'usage des chambres de mélange, d'autant plus nécessaires qu'en toute saison elles peuvent servir à fournir de l'air à la température voulue et que l'introduction, facile à régler, de l'air extérieur qui se mêle avec celui qui a passé par le calorifère, permet de corriger l'effet de la dessication que celui-ci a éprouvé.

Ces chambres, munies de registres d'entrées, contenant des dispositions appelées *chicanes* qui obligent l'air chaud et l'air froid à ne sortir qu'après s'être mélangés, peuvent corriger une grande partie des défauts reprochés aux calorifères à air chaud tels qu'on les construit ordinairement. Je les regarde comme indispensables pour tous les grands chauffages, qui doivent être combinés avec la ventilation, car elles sont un moyen sûr de modérer la température sans restreindre la ventilation, ce qui est la condition fondamentale d'un bon service. Je ferai connaître en parlant des amphithéâtres les résultats, remarquables par leur régularité, que nous avons obtenus au Conservatoire des arts et métiers.

Outre les défauts que je viens de signaler et auxquels on peut, jusqu'à un certain point, porter remède, les calorifères à air chaud en ont d'autres qui peuvent en limiter l'emploi.

L'expérience montre en effet qu'ils ne peuvent guère faire parvenir l'air chaud à une distance horizontale de plus de 20 à 25 mètres, de sorte que pour des bâtiments de quelque étendue l'on est obligé d'en multiplier le nombre. Ainsi, à l'hôpital Beaujon, où le pavillon des hommes a 40 mètres environ de longueur, il a fallu établir trois calorifères. A l'hospice du Vésinet, malgré l'emploi d'un ventilateur, très-imparfait il est vrai, l'on a été obligé d'élever le nombre des

appareils de chauffage de 3 à 5, et, encore, quand il fait froid, n'obtient-on pas partout la même température. A l'hôpital de Vincennes, il y a un calorifère pour 12 mètres de longueur de bâtiment.

De cette multiplicité des appareils résulte nécessairement celle des agents, la difficulté de la surveillance et d'autres inconvénients.

L'on reproche aussi à ce genre de calorifères les dangers d'incendie, qui résultent malheureusement trop souvent de la communication que des fissures peuvent laisser établir entre les conduits de fumée et les passages de l'air nouveau qui, alors, porte le feu en des points dangereux. Ce défaut grave peut être beaucoup atténué par de bonnes dispositions, par des circulations nombreuses bien isolées les unes des autres, mais il n'en est pas moins vrai que bien des accidents en montrent trop souvent la réalité.

Enfin, lorsque l'air, qui circule dans les conduits à une température de 80° et plus, passe dans le voisinage de pièces de charpente, il peut, à la longue, en déterminer l'altération et compromettre la solidité des bâtiments et rendre ces matériaux bien plus accessibles à la combustion. L'on sait aussi que dans le voisinage des bouches de chaleur de ces appareils les peintures, les boiseries, les tentures s'altèrent rapidement.

432. *Usage des fourneaux à coke.* — Les fourneaux à coke offrent l'avantage d'une combustion lente, qui peut être rendue assez régulière et qui n'oblige pas à charger fréquemment le foyer; mais il est nécessaire de leur donner une assez grande hauteur, ce qui gêne pour obtenir une surface de chauffage suffisante.

433. *Relation du chauffage et de la ventilation.* — Les calorifères à air chaud, tels qu'on les a construits jusqu'ici, ne peuvent tout au plus fournir par eux-mêmes, c'est-à-dire par la seule action de la chaleur et de la circulation intérieure qui s'y établit, que la chaleur nécessaire au chauffage

et seulement une partie de l'air nouveau. S'il existe dans les salles ainsi chauffées des cheminées d'appel un peu énergiques, elles détermineront l'évacuation d'un volume plus grand que celui fourni par le calorifère, et le complément s'introduira par les joints des portes et des fenêtres, comme dans le cas où l'on se sert de cheminées. Ce complément sera d'ailleurs d'autant plus considérable que le calorifère aura été proportionné pour fournir de l'air à une température plus élevée et, par conséquent, en moindre volume. Or, dans la plupart des cas, ces entrées d'air par les portes et par les fenêtres sont désagréables, et la gêne qu'elles causent serait un obstacle à l'énergie qu'il conviendrait de donner à la ventilation.

L'usage des chambres à air diminuerait cet inconvénient et permettrait d'alimenter suffisamment l'appel avec de l'air nouveau, en restreignant beaucoup les rentrées par les portes et par les fenêtres. Il faudrait à cet effet donner aux orifices d'introduction de l'air dans les salles de grandes sections, ou plutôt les disposer en grand nombre sur un développement considérable.

Mais, quant à l'appel, la seule influence que les calorifères, dans leurs dispositions actuelles, exercent sur son énergie, consiste dans l'échauffement que le tuyau de fumée peut produire dans la cheminée d'évacuation. Or, cette action est d'autant plus faible que la chaleur émise par les tuyaux de circulation de la fumée dans le calorifère a été mieux utilisée pour échauffer l'air nouveau, et, presque toujours, elle a peu d'énergie. C'est ce que nous montrent, par exemple, les expériences faites aux écoles de Grenelle.

Aussi, quand on a voulu établir des ventilations énergiques, a-t-on été obligé de recourir à des moyens accessoires, tels que des foyers d'appel, ou des ventilateurs aspirants ou insufflants, dont nous avons examiné précédemment les effets dans un autre chapitre.

454. *Moyens tirés des calorifères pour activer l'appel.* — On

a cependant proposé certains moyens tirés des calorifères eux-mêmes pour activer les appels d'air vicié, soit momentanément, soit d'une manière permanente.

Dans le rapport de la commission, chargée d'examiner les projets présentés pour le chauffage et la ventilation des théâtres de la place du Châtelet, il a été indiqué qu'après l'entrée du public, le chauffage, devant devenir de moins en moins énergique, il convenait d'utiliser la chaleur accumulée dans les calorifères pour activer l'appel qui doit produire la ventilation. A cet effet, on avait prescrit des dispositions qui auraient permis de faire déboucher dans les cheminées d'appel une partie ou même la totalité de l'air échauffé par le calorifère. Mais, en même temps, on avait fait remarquer que, comme c'était de la chaleur et non de l'air qui y occuperait un volume inutile qu'il fallait envoyer dans ces cheminées, il était nécessaire de réduire le plus possible le volume de cet air, afin d'en augmenter la température.

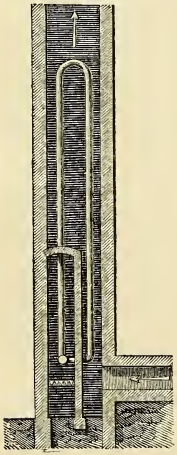
En partant de la même idée, que l'air en transportant de la chaleur dans une cheminée d'appel ou d'évacuation peut y activer l'appel, un savant physicien a proposé de baser sur cette action un système de ventilation par appel, qui consisterait à échauffer, à l'aide d'un calorifère, un certain volume d'air pris à l'extérieur et à le faire arriver dans une cheminée d'appel, qui aurait, aux divers étages d'un bâtiment, des orifices d'introduction d'air vicié des salles de ce bâtiment. L'action aspiratrice, exercée par le courant d'air chaud ainsi déterminé dans la cheminée d'appel, devait, dans cet ordre d'idées, produire l'évacuation de l'air vicié.

J'ai déjà examiné, dans un autre chapitre, le résultat que l'on peut obtenir et que l'on a obtenu par un semblable moyen, qui, bien que basé sur l'observation exacte de certains phénomènes, ne me paraît pas, au point de vue du rapport entre la dépense et le résultat obtenu, présenter des avantages. Je me bornerai ici à rappeler que c'est de la chaleur et non de l'air qu'il faut faire parvenir dans les cheminées d'appel pour en activer l'action.

435. *Circulation de la chaleur au moyen de l'air.* — Pénétré de l'exactitude absolue de ce point de vue, je me suis demandé si, de même que dans les chauffages par circulation d'eau chaude, on envoie de la chaleur dans les cheminées d'appel partiel ou général; si, de même qu'on peut évidemment en faire autant avec de la vapeur, il ne serait pas possible et très-praticable de faire arriver de la chaleur dans ces cheminées, en lui donnant l'air pour véhicule.

Pour réaliser cette idée, il m'a semblé qu'il suffirait de faire traverser le calorifère, dans sa partie la plus chaude, par l'une des branches d'un tuyau de circulation continue, complétement fermé, qui s'élèverait à telle hauteur qu'on voudrait dans la cheminée principale d'appel d'un système de ventilation par sa branche ascendante, et qui, par sa branche descendante, reviendrait rejoindre la partie immergée dans le foyer.

Fig. 43.



Par une semblable disposition, l'air qui occuperait la partie du circuit qui serait placée dans le foyer s'échaufferait fortement, se dilaterait, s'élèverait dans la colonne verticale correspondante, et serait évidemment remplacé par de l'air venant du tuyau descendant, qui, moins chaud et par conséquent plus dense, descendrait pour s'échauffer à son tour. Il s'établirait ainsi dans ce tuyau continu, fermé sur tout son contour, une circulation d'air et, par conséquent, de chaleur identiquement semblable à la circulation d'eau qui se produit dans les appareils de MM. Duvoir-Leblanc et Réné Duvoir.

Or, l'air qui, circulant ainsi, partirait de l'intérieur du calorifère à une température qui, sans inconvénient, pourrait être de 300 degrés et plus, parcourrait une cheminée d'ap-

pel, y laisserait échapper par les parois du tuyau une quantité de chaleur qui, évidemment, activerait l'action de cette cheminée sans y introduire autre chose que de la chaleur.

En soumettant cette solution de la question des appels d'air au calcul dans des hypothèses qui n'ont rien d'inadmissible pour la pratique, on arrive, ainsi qu'il suit, à reconnaître qu'elle peut être praticable.

436. *Chauffage des cheminées d'appel par circulation d'air chaud.* — S'il s'agit d'échauffer par heure 1000 mètres cubes d'air pris à zéro jusqu'à la température de 20 degrés, il faudrait communiquer à cet air

$$1000 \times 1{,}30 \times 20^{0} \times 0{,}234 = 6084 \text{ calories.}$$

Supposant que l'on emploie à cet effet de l'air chaud à 80 degrés, dont la densité serait 1,004, et que cet air perde 60 degrés de sa température ; en appelant Q le volume de cet air à 80 degrés à employer, on aurait, pour le nombre d'unités de chaleur qu'il aurait communiqué à l'air appelé,

$$Q \times 1{,}004 \times 60^{0} \times 0{,}234 = 14{,}1\,Q \text{ calories.}$$

Cette quantité de chaleur devant être égale à celle qui a été communiquée à l'air appelé, on a, pour déterminer la valeur de Q, la relation

$$14{,}1\,Q = 6084 \text{ d'où } Q = \frac{6084}{14{,}1} = 431^{m\cdot c},5.$$

Ce volume correspond à $\frac{431^{m\cdot c},5}{3600} = 0^{m\cdot c},119$ en $1''$.

Si maintenant nous supposons que de l'air chaud, emprunté au calorifère, à une température de 80 degrés correspondante à une densité $d = 1^{kil},004$, arrive dans une cheminée d'appel par un tuyau vertical de hauteur H et en redescende par un autre tuyau vertical de même hauteur, à la température moyenne de 20 degrés, ayant ainsi perdu

60 degrés de sa chaleur, nous aurons pour le mouvement de cet air dans le tuyau ascendant,

$$MU^2+4M\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2=2A(d'-d)HU-\frac{2S\beta}{g}(dU^3+d'U'^3)$$

m'' étant le coefficient de contraction aux coudes=0,70.

Cette équation conduit à la formule

$$U=\sqrt{\frac{\frac{2g(d'-d)H}{d}}{1+4\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2+\frac{8H\beta}{D}\left\{1+\left(\frac{d}{d'}\right)^2\right\}}}$$

Si l'on suppose :

$$H=15^{mc}\quad \beta=0,01\quad D=0^{m.c},25 \text{ seulement,}$$

l'on en déduit

$$2g\left(\frac{d'-d}{d}\right)H=60,08,$$

$$1+4\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2+\frac{8H\beta}{D}\left\{1+\left(\frac{d}{d'}\right)^2\right\}=9,847,$$

et

$$U=2^m,47.$$

Comme de la valeur $D=0^m,25$, il résulte que

$$A=\frac{D^2}{1,173}=0^{m.q},049,$$

il s'ensuit que le volume d'air à débiter en une seconde, à la température de 80 degrés, serait

$$Q=AU=0^{m.q},0491\times 2^m,470=0^{m.c},124.$$

à très-peu près égal à celui qui est nécessaire pour fournir la chaleur voulue à l'air aspiré.

Mais ceci suppose qu'en réalité l'air introduit à 80 degrés sortirait à 20 degrés seulement. Toutefois, comme il est possible d'élever la température initiale au delà de 80 degrés,

et que la chaleur conservée par l'air restant ne serait pas perdue, puisque cet air rentrerait dans la circulation du calorifère, et qu'il ne s'agit que de lui faire subir un abaissement de température de 60 degrés, on voit que la solution paraît très-praticable, sans exiger des dimensions extraordinaires pour les appareils.

En examinant cependant la question de plus près et en mettant en regard avec le dispositif que l'on vient d'indiquer, le procédé beaucoup plus simple qui consiste à établir dans la cheminée d'appel un foyer qui serait alimenté en partie par l'air appelé et qui échaufferait directement le surplus de cet air, sans aucun intermédiaire, sans circuits et par conséquent sans perte, il semble que ce dernier mode d'activer l'appel doit être préférable et économique, cela paraît même évident *à priori* et cela serait certainement vrai, si le dispositif où l'on voudrait employer la circulation de l'air n'était pas immédiatement sous la cheminée d'évacuation.

Mais il faut cependant remarquer que les expériences connues nous apprennent que, pour utiliser le mieux possible la chaleur au mouvement de l'air, il est nécessaire de l'échauffer très-modérément. Or, un foyer direct produit toujours, au moins dans l'air qui le traverse et l'avoisine, des températures très-élevées, tandis que le dispositif indiqué occasionnerait évidemment un moindre échauffement de l'air qui toucherait le long des parois du tuyau de circulation, et permettrait d'ailleurs aussi d'utiliser la chaleur que le tuyau de fumée abandonnerait en parcourant la cheminée.

L'expérience seule peut montrer quel est celui des deux dispositifs qui serait le plus convenable pour la ventilation d'été, où ils peuvent être opposés l'un à l'autre.

L'on voit néanmoins par ce qui précède que le chauffage à l'air chaud peut être combiné avec tel système d'insufflation, d'aspiration ou d'évacuation que l'on voudra employer, mais que par lui-même il ne peut, pendant la saison d'hiver, assurer l'évacuation de l'air vicié que par l'un des deux dispositifs que nous venons d'indiquer.

457. *Du chauffage à la vapeur.* — Ce mode de chauffage, fort en faveur il y a 30 ou 40 ans, est aujourd'hui beaucoup moins goûté, parce qu'il présente des inconvénients assez graves.

Il convient de distinguer deux cas particuliers d'emploi de la vapeur pour le chauffage. Le premier est celui où la vapeur employée, empruntée directement à une chaudière ou fournie par une machine à vapeur dans laquelle elle a agi comme puissance motrice, peut s'échapper librement dans l'air; le second est celui où cette vapeur, exclusivement destinée au chauffage, est fournie par une chaudière dans laquelle elle retourne à l'état d'eau de condensation.

Dans l'un, comme dans l'autre cas, la rapidité avec laquelle la vapeur peut se mouvoir sous de très-faibles différences de pression, les faibles dimensions qu'il suffit de donner aux tuyaux destinés à la conduire partout où son action peut être nécessaire, la quantité considérable de chaleur qu'elle abandonne, en passant de l'état gazeux à l'état liquide, sont des avantages très-réels.

L'industrie peut surtout en tirer parti dans les usines qui emploient des moteurs à vapeur, puisque le fluide, après avoir agi dans les machines, conserve encore la plus grande partie de sa chaleur constitutive et n'en a perdu qu'une portion par sa transformation en travail mécanique; mais il ne faut pas pousser jusqu'à l'exagération l'importance de cet effet, comme l'ont fait quelques ingénieurs, en prétendant qu'il était possible d'obtenir l'assainissement des hôpitaux par procédé mécanique, à bien peu de chose près, sans aucune dépense de combustible, attendu que toute la chaleur se retrouvait encore dans la vapeur après son action.

Dans les circonstances favorables dont nous parlons, la vapeur d'échappement est principalement employée pour chauffer des ateliers, des bains de teinture et autres, des appareils de fabrication, etc..., et on lui réserve toujours des orifices d'échappement à l'air libre. L'on a d'ailleurs soin de ménager des orifices de purge qui permettent de faire évacuer

l'air, la vapeur et surtout l'eau de condensation, quand il s'en est formé.

Lorsqu'il s'agit de chauffer des ateliers, l'on emploie, en outre, des tuyaux d'assez grand diamètre, pour obtenir de grandes surfaces de condensation et on leur donne assez de pente pour que l'eau qui en provient retourne facilement aux chaudières ou dans des réservoirs, d'où elle est reprise par des pompes.

Dans les chauffages de bâtiments d'habitation, d'établissements publics, où l'on est obligé de dissimuler les conduits de vapeur et de les faire passer dans l'épaisseur des planches, pour l'amener dans des espèces de poêles, les difficultés de la circulation augmentent et les pentes que l'on peut donner aux tuyaux de retour étant très-limitées, les conséquences des condensations deviennent bien plus graves.

L'on reproche à ce mode de chauffage plusieurs inconvénients qui en ont beaucoup restreint les applications.

Les fuites de vapeur sont difficiles à éviter, quelque soin que l'on apporte à la construction, et si cependant on parvient à le faire dans les tuyaux de circulation proprement dite, il est tout à fait impossible d'empêcher les échappements de vapeur des chaudières, munies exprès pour les permettre de soupapes de sûreté.

Il en résulte que, quand les chaudières sont placées dans l'intérieur des bâtiments et particulièrement dans les caves, ce qui est leur emplacement naturel dans les bâtiments habités, qui ne sont pas des ateliers, les maçonneries des voûtes, les charpentes, etc., sont attaquées par l'action de la vapeur. C'est, entre autres exemples, ce qui est arrivé à l'hôpital Lariboisière. En général, toute chaudière à vapeur devant être placée dans un pavillon spécial et isolé des habitations, cela conduit à une sujétion qui n'est acceptable que pour des usines ou de grands établissements publics.

La facilité avec laquelle la vapeur transporte et livre sa chaleur aux corps auxquels on veut la communiquer, a pour inconvénient la rapidité de sa condensation et la cessation

de cette transmission dès que le feu, et par suite la pression dans la chaudière diminuent d'une manière notable. Il s'ensuit immédiatement une cessation du chauffage, des condensations, des vides partiels et des irrégularités dans les températures des salles. Si la vapeur, outre le chauffage, devait être aussi employée à produire ou à activer la ventilation, les deux parties du service qu'on en attendrait pourraient être à la fois compromises.

Mais ces irrégularités du chauffage ne seraient encore que le moindre des inconvénients des condensations, qui en ont de bien graves. En effet, lorsque après un ralentissement sensible ou même une cessation complète dans la circulation de la vapeur, comme il en arrive parfois dans le jour et presque toujours la nuit, le chauffeur ranime son feu, rétablit dans sa chaudière la pression normale et ouvre sa communication avec les conduits, le fluide se précipite avec une très-grande vitesse dans les tuyaux et vient y rencontrer l'eau de condensation qui, en certains endroits, les remplit en tout ou en partie et détermine ensuite des chocs qu'on nomme *claquements*, quand ils sont légers, mais qui atteignent souvent une intensité inquiétante et parfois très-dangereuse. Ces effets se produisent très-souvent le matin, même dans les bâtiments qui doivent être chauffés avec continuité. Ils sont fréquemment observés à l'hôpital Lariboisière, où ils inquiètent les malades. Ils peuvent même produire la rupture des tuyaux et par suite des explosions partielles.

Les établissements industriels qui sont chauffés par la vapeur et dans lesquels le travail cesse la nuit sont très-exposés à des accidents de ce genre, et une grande usine, située à Pantin, en a fourni un grave exemple.

C'est le plus sérieux reproche que l'on peut faire au chauffage à la vapeur, et c'est ce qui y a fait généralement renoncer, avec raison, je crois, pour les établissements où il n'y a pas de moteur dont on utilise ainsi la chaleur perdue.

438. *Chauffage mixte à l'eau et à la vapeur.* — Un habile

ingénieur, M. Grouvelle, a cherché à donner au chauffage, par la circulation de la vapeur, la stabilité qui lui manque en la faisant passer, au moyen d'un serpentin, à travers des poêles plus ou moins remplis d'eau, dont la densité et la capacité pour la chaleur apportent ainsi un obstacle à des variations trop rapides de la température.

Cette disposition est certainement un perfectionnement des poêles à vapeur proprement dits, mais elle n'a pas empêché certains accidents survenus à l'hôpital Lariboisière et les claquements produits le matin, lors des reprises du feu, se manifestent aussi dans le pavillon de l'hôpital militaire de Vincennes, dont les appareils de chauffage ont été établis par l'auteur même de ce système mixte.

Quant à la rapidité de transmission de la chaleur par ce procédé mixte du chauffage à la vapeur et à l'eau, elle n'est pas aussi grande qu'on paraît le croire généralement. Un expérimentateur a cru pouvoir dire que « si par une cause quelconque, la température extérieure éprouve un abaissement brusque, qui nécessite un surcroît d'action de l'appareil chauffeur, on obtient, avec une rapidité extrême, l'élévation de température d'un ou de plusieurs poêles d'une salle, où le besoin s'en fait sentir. Cette rapidité est ici bien plus grande qu'avec la circulation d'eau dans laquelle la masse à chauffer est bien plus considérable. »

Or, voici ce que M. Grouvelle lui-même a constaté à l'hôpital militaire de Vincennes, sur le service régulier * : « Pendant tout l'hiver, on allume les feux des chaudières à 3 heures du matin, et à 7 heures du matin les salles de malades, qui sont tombées la nuit de 4° à 5°, sont remontées à 15°. Les bureaux, dont le chauffage cesse à 4 heures du soir, sont mis au degré demandé de 14° à 15°**. »

Ainsi, d'après l'auteur même de ce système mixte, il faut

---

* M. Grassi; page 60 de sa thèse.

** Mémoire de M. Grouvelle, *Annales du génie civil*, n° 6, 1862.

quatre heures pour faire relever la température de 4° dans cet hôpital. L'on verra aux nos **446** et suivants, par des résultats d'observations directes que j'ai faites récemment, que le transport de la chaleur par la circulation de l'eau chaude se fait avec une rapidité au moins aussi grande, si ce n'est même plus prompte encore.

Le chauffage à la vapeur, de même que le chauffage mixte à la vapeur et à l'eau chaude se prêtent facilement à toutes les dispositions que l'on peut imaginer pour opérer la ventilation par appel ou par insufflation, et si, dans les établissements où l'on a employé ce dernier procédé, l'on n'a pas utilisé la facilité avec laquelle ce mode de chauffage pouvait aussi être appliqué à augmenter les effets des appels, c'est par suite de l'excessive confiance que l'on avait mise dans les appareils mécaniques employés à l'insufflation.

Mais il convient de rappeler que les variations que ce chauffage peut éprouver, par suite de négligences des chauffeurs, se reproduiraient d'une manière plus fâcheuse dans sa ventilation. Il faudrait donc une surveillance plus active et des moyens de contrôle plus sûrs encore que dans le système du chauffage par circulation d'eau chaude, dont nous allons parler.

Fig. 44.

459. *Chauffage par circulation d'eau chaude.* — On sait que ce mode de chauffage, pour lequel Bonnemain* prit en 1777 un brevet d'invention, repose sur la différence de densité qui s'établit promptement entre deux colonnes liquides *ab* et *cd*, ou plutôt entre les deux branches *ab* et *cd* d'un même circuit continu *abcd* de liquide, dont l'une *ab* part du sommet d'une chaudière, tandis que l'autre *cd* se termine à son fond. La dilatation du liquide de la chaudière et l'élévation continue des bulles de vapeur dans la

* L'on trouve, dans le registre des procès-verbaux des membres du Con-

colonne *ab*, la rendent plus légère que la colonne *cd*, et dès lors celle-ci s'abaisse vers la chaudière, et toute la colonne *cd* descend pour remplacer la colonne *ab*.

L'application de ce système de chauffage a reçu bien des modifications, pour le détail desquels je me bornerai à renvoyer à l'ouvrage de M. Péclet, en me contentant de décrire les deux principales qui sont actuellement en usage dans plusieurs grands établissements.

440. *Dispositif adopté par M. L. Duvoir-Leblanc.* — Cet artiste doué d'une remarquable sagacité, de beaucoup d'esprit d'invention, et auquel il n'a manqué qu'une instruction première pour devenir un ingénieur distingué, a exécuté un grand nombre d'appareils de chauffage à l'eau chaude, dont la disposition générale est la suivante :

Une chaudière AABB (pl. XIII), entièrement remplie d'eau et placée à la partie inférieure du bâtiment à chauffer, communique par un tube CC, partant de son sommet, avec un récipient clos, ou réservoir distributeur D, à peu près plein, établi à la partie supérieure de l'édifice et au fond duquel ce tube débouche. De ce même fond part un autre tuyau MM qui, en redescendant, peut conduire l'eau de la même manière dans un premier cylindre GG plein d'eau, faisant fonction de poêle et qui par un tuyau M' est pareillement mis en communication avec un second poêle ou cylindre G'G' et ainsi de suite, jusqu'au dernier poêle, qui communique avec le fond de la chaudière par un dernier tube N, appelé *tuyau de retour*.

On conçoit facilement, à l'aide de cette description sommaire, que, dès qu'on chauffe la chaudière, l'équilibre qui

---

servatoire des arts et métiers, séance du 24 nivôse an VIII, la mention suivante :

« Le citoyen Bonnemain, désirant exécuter au local du Conservatoire son appareil, qui régularise le feu et fait circuler l'eau bouillante en l'appliquant à divers usages, entre autres à la fusion du suif, le Conservatoire se transportera septidi prochain, à onze heures, dans ce local, pour s'y concerter avec lui sur cet objet. »

existait dans toute la masse liquide contenue dans l'appareil, ne tarde pas à se rompre. L'eau de la chaudière, devenue plus légère, à mesure qu'elle s'échauffe, communique de proche en proche sa chaleur au liquide contenu dans le tuyau ascendant, qui, moins dense alors que celui des tuyaux de retour, cède à la pression de celui-ci. L'eau de ce dernier tuyau entre alors dans la chaudière, et est successivement remplacée de poêle en poêle par le liquide venant du réservoir supérieur. Il s'établit ainsi, en peu de temps, une circulation, qui va en s'accélérant jusqu'à ce que le mouvement soit parvenu à l'état de régime permanent. L'eau de la chaudière passant successivement par tous les tuyaux et par les poêles, échauffe celle qu'ils contiennent et ceux-ci, par la conductibilité de la matière dont ils sont formés, transmettent la chaleur aux salles où ils sont placés.

Les poêles à eau peuvent être et sont ordinairement traversés de part en part, par un certain nombre de tuyaux vides, qui sont entourés d'eau et dans lesquels passe et s'échauffe l'air des salles, ou mieux, l'air pur qui peut y affluer par des ouvertures spéciales. Cette disposition, en augmentant la surface de chauffage des poêles, permet donc en même temps l'introduction de l'air pur.

Telle est, réduite à sa plus simple expression, la disposition générale des appareils de chauffage par circulation d'eau chaude de M. L. Duvoir-Leblanc.

Dans les applications et selon les besoins, on emploie plusieurs tuyaux de retour indépendants, pour se ménager le moyen d'établir, d'interrompre, ou de modérer la circulation d'eau et de chaleur dans les différents étages d'un même bâtiment, et s'il le faut, dans les divers poêles d'une même salle. Des soupapes coniques *f* que l'on peut manœuvrer à l'extérieur des appareils, permettent de faire varier la circulation à volonté.

Les tuyaux de circulation présentent souvent dans les conduits qu'ils parcourent des parties renflées de diverses for-

mes appelées *bouteilles*, auxquelles on donne une plus grande surface, afin d'obtenir un développement de chaleur jugé nécessaire en certains points.

441. *Dispositif employé par M. d'Hamelincourt.* — Dans les appareils, dont nous venons de donner une description générale sommaire, la circulation de l'eau chaude s'établit d'abord de la chaudière vers un récipient supérieur unique, d'où partent un ou plusieurs tuyaux de retour.

M. d'Hamelincourt a appliqué d'une manière différente le principe de la circulation de l'eau et dans les appareils de cet ingénieur, la disposition générale est la suivante (pl. XIII) :

Au sommet de la chaudière placée à la partie inférieure du bâtiment et entièrement pleine d'eau, se trouve une sorte de dôme appelé *vase de distribution* d'où partent un ou plusieurs tuyaux. L'un de ces tuyaux sert à établir une communication aussi directe que possible entre la chaudière et un récipient supérieur situé dans les combles, avec tuyau de retour vers la chaudière, comme dans le système de M. L. Duvoir. Mais avec cette différence que ce récipient supérieur n'a ici pour objet que de servir d'appareil de sûreté, en facilitant l'échappement de la vapeur qui pourrait se dégager, et en limitant nécessairement, par sa communication à l'air libre, la pression dans l'ensemble de la circulation.

C'est par suite de cette destination spéciale que le récipient supérieur s'appelle dans ce dispositif *vase d'expansion*.

Les autres tuyaux, qui partent du dôme de distribution, sont en réalité les seuls qui servent à la circulation de l'eau chaude à partir de la chaudière. Ils sont disposés horizontalement, ou à peu près, et de distance en distance communiquent avec des groupes de tuyaux verticaux qui règnent dans toute la hauteur du bâtiment et sont placés dans des conduits réservés dans les trumeaux ou dans les épaisseurs des murs. L'un de ces tuyaux, en communication avec la chaudière et servant à amener l'eau chaude, débouche dans un tuyau horizontal supérieur, appelé aussi vase d'expansion et

dans lequel sont assemblés deux ou trois autres tuyaux descendant dans le même conduit et qui sont réunis à leur partie inférieure avec un autre tuyau horizontal, du dessous duquel part un petit tuyau qui les met en communication avec le grand conduit de retour ; ce dernier ramène l'eau au fond de la chaudière. Le nombre de ces tuyaux descendants dépend de la surface de chauffe jugée nécessaire.

Dans ce dispositif la circulation de l'eau s'établit ainsi qu'il suit. L'eau échauffée dans la chaudière et les bulles de vapeur qui s'élèvent et se condensent incessamment dans la masse liquide, transportent la chaleur dans le conduit horizontal supérieur de circulation. A partir de ces premiers effets l'équilibre qui existait dans la masse liquide est déjà rompu et la circulation de l'eau commence. A la rencontre du premier tube vertical d'ascension, un courant montant d'eau chaude s'établit d'abord, il s'élève au vase d'expansion et dans le groupe partiel, que forment ce tuyau et les tuyaux verticaux de retour avec lesquels il est mis en communication, il se produit une circulation par l'effet de laquelle l'eau, qui a parcouru ce système, gagne le tuyau principal de retour et rentre à la chaudière.

Peu de temps après, des effets analogues ont lieu dans le groupe suivant de tuyaux composé, comme le premier, d'un tuyau partiel d'ascension et d'un ou plusieurs tuyaux de retour descendants.

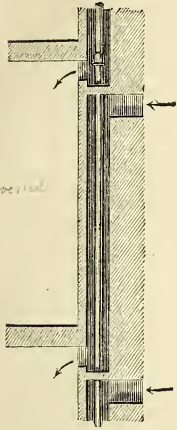
De proche en proche la circulation s'établit dans tous les groupes embranchés sur un même conduit principal de distribution et en communication avec un même conduit de retour.

Au premier abord il paraît difficile de se rendre compte de la rapidité avec laquelle cette circulation s'établit, mais les expériences rapportées au n° **445** montrent qu'elle a lieu bien plus promptement qu'on ne serait tenté de le croire, et surtout qu'elle répartit la chaleur dans tout l'ensemble d'un bâtiment avec l'uniformité désirable.

Les conduits ménagés dans les trumeaux, et dans lesquels

sont logés les tuyaux de circulation d'eau, servent à admettre et à échauffer l'air extérieur et le versent dans les salles. Pour faire la répartition de cet air entre les différents étages, ces conduits sont fermés à hauteur et un peu au-dessus du plancher de chaque étage par un diaphragme en maçonnerie et immédiatement au-dessus de ce diaphragme ils ont une ouverture d'admission pour l'air extérieur qui, ainsi appelé et échauffé, s'élève dans le conduit jusqu'au diaphragme supérieur au-dessous duquel se trouve une ouverture ménagée près du plancher de l'étage à chauffer, par laquelle s'introduit cet air chaud.

Fig. 45.



Telle est la disposition générale et normale des appareils de M. d'Hamelincourt, mais elle n'exclut nullement l'emploi de poêles ou de récipients particuliers, dans lesquels on peut aussi faire circuler l'eau pour porter la chaleur en des points déterminés.

De même que cette circulation d'eau sert à échauffer l'air introduit dans les salles, elle peut être, et est effectivement employée à échauffer l'air vicié qu'il convient d'appeler et à donner à l'appel l'énergie nécessaire, au moyen de proportions convenables.

Les deux dispositifs, que je viens de décrire en termes généraux, ont des propriétés semblables, et, sauf quelques différences, ils présentent les mêmes avantages et les mêmes inconvénients.

442. *Avantages du chauffage par circulation d'eau chaude.* — L'eau contenue dans la chaudière et dans l'ensemble de tous les récipients et de tous les poêles, y est maintenue à une température modérée, qui ne peut dépasser 100°, attendu que le récipient supérieur est en communication avec l'air,

soit directement, soit par un tube d'échappement toujours ouvert. Dans les premiers appareils, une soupape de sûreté chargée d'un certain poids, permettait dans le récipient supérieur une élévation de pression qui pouvait aller à deux ou même à trois atmosphères; mais on y a renoncé et les appareils actuels fonctionnent à basse pression. Cependant, ceux des parties inférieures des bâtiments et en particulier les chaudières, n'en sont pas moins soumis à une pression supérieure à celle de l'atmosphère, et mesurée par la hauteur de la colonne d'eau qui existe jusqu'au récipient supérieur.

Il résulte de cette disposition, que l'air échauffé par le contact des surfaces des poêles et des tuyaux, n'éprouve aucune altération sensible; que sa température, au moment de l'introduction dans les salles, est toujours limitée à 45 ou 50 degrés au plus, et que, par conséquent, en se mêlant à celui des salles, il y produit un mélange salubre.

L'air neuf et chaud fourni par les poêles ou par les conduits de circulation d'eau, est directement appelé par le seul effet de leur échauffement; il pourrait aussi y être insufflé par des moyens mécaniques, si cela était nécessaire.

La grande densité de l'eau et sa capacité pour la chaleur plus que quadruple de celle de l'air, et plus que double de celle de la vapeur d'eau, en font un réservoir de chaleur dont la température n'éprouve que de très-faibles et très-lentes variations, par suite de changements ou de négligences accidentelles dans la conduite du feu. Il y a plus, tant que la chaudière et son fourneau conservent une température supérieure à celle des récipients, la circulation de l'eau et ses effets calorifiques se continuent longtemps encore après que le feu a été complétement éteint.

Cette propriété, et la modération forcée de la température des conduites et des poêles, rendent ce mode de chauffage précieux dans la plupart des cas, mais en particulier pour les serres, dont il permet de maintenir, pendant les nuits d'hiver, la température à un degré suffisant pour éviter les effets d'un trop grand refroidissement.

445. Inconvénients reprochés au chauffage par circulation d'eau chaude. — On peut reprocher avec raison à ce système de chauffage, tel qu'il a été appliqué le plus souvent, la complication de la circulation des tuyaux sous les planchers, dans les épaisseurs des murs, etc. Mais cette complication est en réalité moindre que celle du chauffage à la vapeur et la difficulté du règlement des pentes à donner à ces tuyaux, si grande pour la vapeur, est à peu près nulle pour l'eau. Elle est d'ailleurs considérablement atténuée quand les tuyaux de circulation de l'eau pour le chauffage, comme pour l'appel, sont placés dans des gaînes verticales ménagées dans les épaisseurs des murs.

Il en est de même des fuites qui, bien que moins nombreuses que celles de la vapeur, ont leurs dangers, et la rupture d'un poêle peut amener des accidents graves et une sorte d'inondation d'eau chaude, sous la pression considérable provenant de la hauteur à laquelle le récipient supérieur ou les vases d'expansion se trouvent placés. Un accident survenu à Saint-Sulpice a inspiré des craintes exagérées à ce sujet; mais il est, pensons-nous, le seul de ce genre qui se soit produit, et encore peut-il être attribué à la forme irrationnelle qui avait été donné au poêle dans lequel il s'est manifesté. L'on a vu d'ailleurs que le chauffage à la vapeur avec ou sans poêles à eau présente des inconvénients analogues.

La bonne construction des appareils et les épreuves qu'on leur fait subir, avant de les mettre en service, suffisent pour écarter toute crainte fondée, et le grand nombre d'édifices publics ou privés auxquels ce système de chauffage a été appliqué, sans qu'il s'y soit produit d'accidents, montre qu'il y a bien peu de chances d'en voir apparaître.

Sans recourir à tous les certificats donnés à l'un des ingénieurs qui construisent des appareils de chauffage à l'eau chaude, je me bornerai à citer quelques-uns de ceux qui parlent expressément de l'absence des fuites. Ils sont relatifs

	Dates.	Signatures.
1° Au conseil d'État.....	23 mars 1843	MM. Prosper Hecker.
2° A l'École des ponts et chaussées	27 mai 1849	Bommard, ingén. en chef.
3° A l'École des mines.....	27 mai 1849	Dufresnoy, de l'Inst.
4° Institut normal des aveugles...	24 sept. 1851	Guadet.
5° Institut des jeunes aveugles (Paris).....	27 — 1851	Philippon.
6° Hospice des aliénés de Neufchâtel (Suisse)	27 — 1851	
7° École normale supérieure (Paris).....	24 — 1851	Michelle.

A ces attestations je puis joindre la notoriété qui établit qu'au Conservatoire des arts et métiers où des appareils de ce genre sont établis depuis plus de 12 ans, il ne s'en est manifesté aucune.

Le plus grand inconvénient de ces appareils pleins d'eau serait celui de la rupture de quelque poêle ou tuyau par l'effet de la gelée, si on les laissait remplis l'hiver sans les faire fonctionner : ce qui ne pourrait se produire que par l'effet d'une négligence bien grande et bien prolongée.

Quelques personnes croient que le chauffage par l'eau chaude communique à l'air un certain degré d'humidité ; c'est une grave erreur, car aucune évaporation ne se produit dans la partie de ces appareils qui est située à l'intérieur des salles.

L'on a enfin reproché aux poêles à eau chaude placés à l'intérieur des bâtiments, de produire sur les planchers une charge compromettante pour la solidité des constructions. Si l'on s'était donné la peine de comparer le poids de ces poêles aux dimensions ordinairement données aux poutres et aux solives, l'on aurait reconnu que ce reproche n'a rien de fondé. Il est d'ailleurs toujours facile aujourd'hui, surtout par l'emploi des poutres en fer, d'obtenir pour les planchers toute la solidité et toute l'inaltérabilité désirables.

Lorsque l'on utilise la chaleur des appareils de circulation d'eau chaude pour produire l'appel de l'air extérieur, et pour l'introduction dans des locaux que l'on veut à la fois chauffer et ventiler, il convient de donner à ces appareils la

plus grande hauteur possible, puisqu'ils forment alors une véritable cheminée d'appel. Sous ce rapport, les poêles des dimensions ordinaires employés par M. Duvoir-Leblanc ne sont pas dans des conditions aussi favorables que les conduits verticaux placés dans l'épaisseur des murs, et auxquels on peut donner toute la hauteur de l'étage à chauffer, ainsi que le fait M. d'Hamelincourt.

Je crois devoir faire remarquer que c'est à tort que, dans ce dernier dispositif, l'on fait affluer l'air ainsi chauffé au niveau du plancher au lieu de l'y introduire à hauteur du plafond, où il arrive d'ailleurs out naturellement pour redescendre vers les orifices d'appel. Il résulte de cette arrivée de l'air chaud à fleur du sol, qu'il est fort incommode pour les personnes placées dans le voisinage de la bouche. L'on trouverait d'ailleurs plus de facilité pour l'échauffement de l'air en l'introduisant du dehors à hauteur du plancher de l'étage à chauffer, en lui faisant parcourir dans la gaîne toute la hauteur de cet étage, et en l'introduisant au plafond, comme l'indique la figure ci-contre.

Fig. 46.

444. Prix du chauffage à l'eau chaude.— Les pavillons de l'hôpital Lariboisière ont chacun trois salles et leurs dépendances, et une grande salle servant de réfectoire qui doit être chauffée. La capacité de tous ces locaux, non compris le corridor de promenade, est d'environ 23 000 mètres cubes. M. L. Duvoir a soumissionné le chauffage et la ventilation pour la saison d'hiver à raison de $17^{f},90$ par jour et par pavillon, et la ventilation de nuit pendant l'été à raison de $6^{f},70$. Le prix qu'on lui paye l'hiver pour le chauffage est donc au plus de

$$13^{f},90 - 6^{f},70 = 7^{f},20,$$

et encore dans ce chiffre est comprise une partie de la ventilation de jour. De ce chiffre il faut retrancher le salaire du chauffeur, qui est au moins de $4^{f},50$ par jour ou de $1^{f},50$ par pavillon. Il reste à l'entrepreneur $5^{f},70$, sur lesquels il doit avoir au moins 10 pour 100 de bénéfices. Sa dépense ne doit donc être que de $5^{f},23$ en charbon, dont le prix en gros étant estimé $4^{f},30$ les 100 kilogr., pour rester dans les termes des comparaisons précédentes, conduit à une quantité de charbon dépensée pour le chauffage seul égale, au plus à $\frac{5^{f},23}{4^{f},80} = 1^{quint},22$ ou 122 kilogrammes pour chauffer une capacité totale de 23000 mètres cubes, ce qui correspond à $\frac{23000}{122^{kil}} = 5^{kil},30$ par 1000 mètres cubes de capacité, chauffés à 15 ou 16°. Bien que ce calcul ne repose que sur des évaluations dont quelques-unes sont un peu incertaines, il montre cependant que le chauffage à l'eau chaude est économique, surtout lorsqu'il doit être continu.

445. *Résumé.* — L'examen précédent que je viens de faire sommairement des trois systèmes de chauffage généraux suffira, je pense, pour permettre d'apprécier leur rôle et leurs effets dans les rapports qu'ils ont avec la ventilation. Quant au choix à faire entre eux, les inconvénients graves et pour ainsi dire journaliers de l'emploi de la vapeur me paraissent devoir en restreindre l'emploi aux cas où l'on peut utiliser la vapeur perdue d'appareils nécessaires pour d'autres usages.

Les calorifères à air chaud ne suffisent pas pour assurer une ventilation énergique, et si leur installation n'est pas très-dispendieuse, ils consomment en service courant au moins autant et peut-être plus de combustible que les appareils de chauffage par circulation d'eau chaude, qui peuvent à la fois produire l'arrivée de l'air nouveau et l'extraction de l'air vicié. C'est donc à ces derniers qu'il y a, je crois, dans la plupart des cas, lieu d'accorder la préférence.

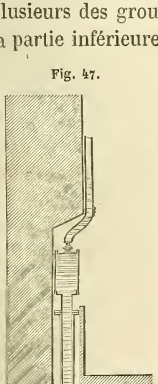
446. *Observations sur la vitesse de circulation de la chaleur*

dans les chauffages à l'eau chaude.—La plupart des auteurs qui se sont occupés de la question du chauffage ont reproché à ce mode de chauffage « la lenteur avec laquelle on rétablit à un degré convenable une température devenue trop basse. »

Pour m'assurer si ce reproche était aussi fondé qu'on le croyait, j'ai profité de l'établissement d'un système complet de circulation d'eau chaude, exécuté par M. d'Hamelincourt dans le nouveau bâtiment d'administration du chemin du Nord, pour faire des expériences directes sur la circulation de la chaleur dans ces appareils, dont j'ai donné une idée au n° **439**.

A cet effet, des thermomètres ont été placés au sommet de plusieurs des groupes partiels de circulation qui s'élèvent de la partie inférieure du bâtiment jusqu'au quatrième étage.

Fig. 47.



L'ensemble des groupes chauffés par le calorifère C (pl. XIII) du plan est au nombre de 19, dont 14 dans l'aile Nord et 5 dans l'aile Est. Ceux sur lesquels ont porté ces expériences forment ensemble un circuit de 862 mètres, composé de tuyaux horizontaux et de tuyaux verticaux d'ascension et de retour de l'eau chaude.

Des thermomètres ont été mis en communication avec le tuyau de départ de l'eau chaude, près de la chaudière, et avec les vases d'expansion situés au sommet de chaque groupe, et l'on a d'abord éprouvé pour cette installation quelques difficultés qu'il est bon de faire connaître, pour le cas où l'on voudrait répéter ces expériences.

La position des vases d'expansion dans l'intérieur des murs ne permettant pas, sans des travaux que l'on désirait éviter, d'y introduire directement des thermomètres, l'on y avait d'abord ajusté des tuyaux de plomb, dans lesquels l'eau s'élevait à une certaine hauteur, par suite

de celle du niveau entretenu exprès dans le vase principal d'expansion du système, et en plongeant un thermomètre dans ces tuyaux, l'on a voulu observer la température de l'eau en circulation; mais l'on a reconnu de suite que cette circulation se faisait sans que l'eau du tuyau y participât : il arrivait que celle-ci ne se mettait pas, à beaucoup près, en équilibre de température avec la masse d'eau mobile. L'on a essayé alors, mais dans le seul but d'obtenir des indications relatives, mais non absolues, de placer les thermomètres sur la surface extérieure des vases d'expansion, ce qui a fourni effectivement des résultats comparatifs. Enfin, l'on a coupé les tubes de plomb à peu près au ras de la cuvette qui existe au-dessus des vases d'expansion, et l'on a pu ainsi introduire les thermomètres au milieu du petit jet d'eau chaude qui se produisait, et que l'on parvenait à modérer de manière qu'il ne présentât pas d'inconvénients, ce qui a donné alors des résultats très-suffisamment précis.

Malgré l'incertitude des premières observations, je crois qu'il ne sera pas inutile de les rapporter avant les secondes.

Les observations ont été faites dans l'aile Nord sur les groupes marqués 1, 2, 3, 4, 5, et dans l'aile Est sur les groupes 1′ 2′ 3′ 4′ 5′, ainsi que sur le groupe 11 (pl. XIII).

EXPÉRIENCES SUR LA MARCHE DE LA CIRCULATION DE LA CHALEUR

DANS LES APPAREILS DE CHAUFFAGE A L'EAU CHAUDE DU BATIMENT D'ADMINISTRATION DU CHEMIN DE FER DU NORD.

NUMÉROS d'ordre des expériences.	HEURES	NUMEROS DES GROUPES — DU CÔTÉ NORD. 1	2	3	4	5	DU CÔTÉ NORD-EST. 1′	2′	3′	OBSERVATIONS.
					1re série. — 2 avril 1862.					
		0	0	0	0	0	0	0	0	
1	10 15	17	17	17	17	17	17	»	22	Pour les quinze premières observations, les thermomètres étaient couchés sur les vaseś d'expansion; pour la seizième, ils ont été plongés dans un jet d'eau sortant des vases d'expansion.
2	10 30	18,25	18	17,25	17	17	23	20	29	
3	10 45	24	25,5	23,75	22,50	23	27	21	35	
4	11 00	27	29	27,25	27	28	31,50	26	38	
5	11 15	29	32	30,25	31	32	35	29	44	
6	11 30	32	35	34	34,50	35,50	39	31	49	
7	11 45	35	38	38,25	37,50	39	41	33	53	
8	12 00	37,5	41	41,25	40,50	42,50	44	38	55	Le thermomètre 2′ a été placé dans cette série au huitième trumeau ou au neuvième groupe de tuyaux.
9	12 15	40	44	44,75	44	46	47	40	58	
10	12 30	41	46	46,75	46	49	49,50	42	61	
11	12 45	43	48	49,25	48,50	50	52	44	65	Le thermomètre 8′ a été placé sur le tuyau de départ près de la chaudière et couché dessus ce tuyau.
12	1 00	44	49,75	51	50	51	53	47	66,50	
13	1 15	45,5	50,50	52	52	54	55	48,50	67,50	
14	1 30	46	51	53	53	54	56,50	49	69	
15	1 45	46	53	55	54	55	58	50	71	
16	2 00	78	81	80	79	80	79	78	»	Température réelle de l'eau.
Excès de la 16e observat. sur la 15e..		32	28	25	25	25	21	28	»	

Excès moyen..... 26,3

SUITE DES EXPÉRIENCES.

NUMÉROS d'ordre des expériences.	HEURES	NUMÉROS DES GROUPES DU CÔTÉ NORD. 1	2	3	4	5	DU CÔTÉ NORD-EST. 1′	2′	3′	4′	5′	11′ *	OBSERVATIONS.
						2e série. — 5 avril 1862.							
		°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	
1	10 00	14,50	14,00	14,00	14,00	14,00	13,00	16,00	13,00	14,00	13,00	18,00	* Le thermomètre n° 11 a été placé sur le tuyau de départ près de la chaudière au même niveau que le thermomètre n° 8 de la série précédente.
2	10 20	29,00	29,00	28,00	26,00	26,00	13,00	20,00	23,00	25,00	20,00	28,00	
3	10 40	33,00	33,00	32,50	32,50	33,00	15,00	30,00	29,00	29,00	24,00	31,00	
4	11 00	39,50	39,00	39,00	38,50	38,00	26,00	38,00	35,00	35,00	27,00	34,00	
5	11 20	44,50	45,00	44,50	44,00	43,00	28,50	42,50	43,00	38,00	34,00	41,00	
6	11 40	47,00	52,50	51,50	50,50	50,00	33,00	49,00	51,50	49,50	40,00	46,00	
7	12 00	56,50	55,00	58,00	56,00	56,00	33,00	58,00	56,50	56,00	45,00	52,00	
8	12 20	55,50	58,00	58,00	56,50	57,00	37,50	59,00	59,50	50,00	42,00	56,00	
9	12 40	65,00	66,00	66,00	65,00	64,00	46,50	65,50	70,00	55,00	52,00	60,00	
10	1 00	69,00	70,00	69,00	68,00	68,00	51,00	69,50	68,00	58,00	55,00	64,00	
11	1 20	73,50	71,00	75,00	74,00	74,00	56,00	75,00	73,00	72,00	64,00	67,00	
12	1 40	75,50	76,00	76,00	75,00	75,00	59,00	79,00	72,00	75,00	70,00	71,00	
13	2 00	79,00	79,00	79,00	78,00	78,00	61,50	80,00	77,00	77,00	77,00	71,00	

Le feu avait été allumé à 9 heures 30 minutes.

Les observations ont commencé à 10 heures.

SUITE DES EXPÉRIENCES.

NUMÉROS d'ordre des expériences.	HEURES	NUMÉROS DES GROUPES DU CÔTÉ NORD. 1	2	3	4	5	DU CÔTÉ NORD-EST. 1′	2′	3′	4′	5′	11′*	OBSERVATIONS.
							3e série. — 11 avril 1862.						
		°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	
1	»	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	* Le thermomètre n° 11 a été placé sur le tuyau de départ près de la chaudière au même endroit que dans les expériences précédentes.
2	10 00	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	
3	10 20	26	27	28	25	22	12	25	25	20	14	26	
4	10 40	28	30	31	29	27	12	28	28	25	20	29	
5	11 00	37	39	39	35	32	20	35	35	34	28	36	
6	11 20	43	43,5	43,5	42	41	28	45	42	38	32	40	
7	11 40	44	46	49	47	48	35	50	48	42	38	44	
8	12 00	48	51	55	52	51	38	55	50	49	38,5	48	
9	12 20	51	56	58	56	54	41	56	56	52	42	52	
10	12 40	62	62,5	63	62	60	45	61	61	55	51,5	56	
11	1 00	67	68	68	67	65,5	47	66	66	57	54	60,5	
12	1 20	72	73,5	73,5	72	70	54	70	70	59	58	65	
13	1 40	74	75	75,5	75	73	60	74	74	64	63,5	67	
14	2 00	79	80	80	79	77	65	78	80	66	65	71	
15	2 20	80	80,5	80	80	79	65	80,5	81	69	68	72	

Le feu avait été allumé à 9 heures 30 minutes.

447. *Conséquences des résultats des expériences précédentes.* 1re *série.* — Les expériences exécutées dans cette série ne pouvaient, comme on l'a vu, donner la marche des accroissements de température dans l'appareil de circulation de l'eau, mais elles n'en ont pas moins un certain degré d'utilité, parce qu'elles sont faciles à répéter sur tous les appareils analogues, et qu'elles peuvent au moins fournir des indications relatives.

Ainsi elles montrent que, dans un même ensemble de groupes de tuyaux ou de gaînes verticales, la température, à un instant quelconque, est sensiblement la même dans tous les groupes. Dans les cinq groupes du côté Nord, sur lesquels des expériences ont été faites, le n° 1 seul, quoique le plus près du calorifère C qui l'alimente, a toujours accusé dans ces expériences une température un peu plus basse; mais cette différence ne s'est pas reproduite, quand l'on a pu observer la température même de l'eau.

Les groupes du Nord-Est ont donné des indications analogues, quoique moins régulières, et ont présenté ce résultat assez remarquable, que le n° 3′, le plus éloigné, a toujours accusé les températures les plus élevées, et de beaucoup. Ces divergences proviennent probablement de l'inégalité des ouvertures des robinets de communication.

La 16e expérience, qui a suivi de très-près la 15e, où la température paraissait être déjà depuis quelque temps arrivée à son maximum, ayant été faite en mettant le thermomètre en contact avec l'eau même qui circulait dans les vases d'expansion, a montré encore plus d'accord entre les températures de tous les groupes, et elle a fait connaître la différence qui existait, dans les circonstances de l'observation, entre la température de cette eau et la surface extérieure des tuyaux. Cette différence a été, le 2 avril, de 26°,3 en moyenne, alors que la température extérieure était de 15 à 16°.

Dans des conditions analogues et dans des proportions semblables des appareils, l'observation de la température

extérieure des tuyaux permettrait donc d'apprécier au moins approximativement celle de l'eau.

Cette différence de 26°,3 entre la température de l'eau de circulation et celle de la surface des tuyaux, alors que la température extérieure étant de 16 degrés, l'air affluent refroidissait peu ces tuyaux, explique comment, avec les appareils de chauffage par circulation d'eau chaude, qui doivent fonctionner à de faibles pressions d'eau égales seulement à la hauteur des bâtiments, il est difficile d'élever l'air qu'ils échauffent à plus de 40 à 45 degrés ; ce qui constitue une limite favorable à la salubrité, d'une part, mais un peu gênante pour la ventilation, en ce qu'elle oblige à employer de grandes surfaces de chauffe.

2e *et* 3e *séries.* — Les conséquences précédentes sont encore bien plus nettement manifestées par les observations faites dans ces séries, où l'on a observé directement la température de l'eau qui circulait dans le vase d'expansion.

Ainsi, dans l'ensemble des groupes nos 1, 2, 3, 4 et 5, du côté Nord, quarante minutes après la première observation, la température a été élevée, dans tous ces groupes, de 17 à 18 degrés, et elle s'est ensuite accrue à peu près également dans tous ces groupes.

En représentant graphiquement les résultats des observations; en prenant les températures pour ordonnées d'une courbe dont les temps sont les abscisses, on reconnaît que les températures croissent avec une grande continuité et qu'elles tendent vers un maximum voisin de 80 degrés.

La courbe relative aux groupes de tuyaux, du côté Nord, est beaucoup plus continue que celle qui se rapporte aux groupes du Nord-Est, dans lesquels il s'est manifesté plus de divergences. Le groupe 1', notamment, a toujours été à une température plus basse que les autres, du même côté. Il en a été de même dans la 3e série des groupes 4' et 5'.

448. *Causes diverses de ces différences.* — De semblables différences dans la température des divers groupes de con-

duits peuvent être dues à des dispositions spéciales ou à des circonstances accidentelles.

Tous les groupes de conduits sont munis à la base de leurs tuyaux de retour d'un robinet qui permet de restreindre et même d'y interrompre la circulation, afin de modérer le chauffage ou de le suspendre presque complétement. C'est un moyen de réglementation commode et sûr.

Mais il se produit quelquefois, dans les appareils nouvellement mis en service, des effets du même genre dus à des causes accidentelles. Des fragments du mastic employé dans les joints peuvent former, en certains points, des étranglements qui, en gênant la circulation, produisent un effet analogue à celui de la fermeture du robinet. Il paraît probable que c'est à une cause de ce genre qu'on doit attribuer les différences de températures signalées dans les groupes 1′ à la 2e série, et aussi dans les groupes 4′ et 5′ à la troisième. On fait facilement disparaître ces différences, quand elles ne cessent pas d'elles-mêmes, en changeant à diverses reprises le sens de la circulation de l'eau dans les groupes où elles se manifestent. Les lames minces de mastic qui les occasionnaient se détachent, sont divisées et entraînées par la circulation.

449. *Renversement de la circulation.* — Ce renversement de la circulation peut se faire par la manœuvre des deux robinets dont chaque groupe est muni. En fermant celui qui est destiné à laisser passer l'eau chaude, la circulation cesse, le tuyau se refroidit, tandis que l'autre robinet, placé au bas du tuyau de retour, restant ouvert, le tuyau correspondant s'échauffe peu à peu, et dès lors, si l'on rouvre le premier robinet, le mouvement de circulation s'établit en sens contraire. La manœuvre inverse permet de ramener cette circulation à son état normal.

L'effet que nous venons d'indiquer se produit quelquefois tout naturellement, et il n'est pas rare d'observer dans la circulation de l'eau dans ces appareils, non-seulement des

renversements partiels dans certains groupes, mais encore un renversement général dans tout leur ensemble. Ces effets anomaux sont analogues à ceux dont l'air nous offre tant d'exemples, et tiennent à ce que la moindre différence de température et, par suite, de densité qui se produit dans l'une ou l'autre des colonnes liquides en équilibre rompt cet équilibre et détermine le mouvement, et qu'il suffit parfois d'une circonstance accidentelle et même étrangère à l'appareil pour occasionner de légères différences de température dans ses parties.

Mais il est toujours facile, par une manœuvre des robinets, analogue à celle que nous venons d'indiquer, de rétablir la circulation dans son sens normal.

450. *Diminution de température de l'eau pendant la circulation.* — Si l'on ajoute la différence moyenne de 26°,3 à la température observée sur le tuyau de départ près de la chaudière et qui a été, dans les deux séries, trouvée égale à 71 degrés, on aura, pour la température de l'eau à son départ de la chaudière, 97°,3, ce qui diffère peu de celle qui devait effectivement y exister, puisqu'elle fonctionnait à basse pression.

On voit, en outre, que la température de l'eau dans tout le circuit s'étant établie à 78 degrés en moyenne, et celle de l'eau au départ ayant été de 97 degrés ou, au plus, de 100, la diminution totale de température n'a été, pendant ces expériences, que de 22 degrés au plus. Elle eût évidemment été plus considérable, si l'air extérieur avait été plus froid, et il faudra faire à ce sujet des observations spéciales.

451. *Temps nécessaire pour une élévation donnée de la température.* — Dans le service courant des appareils de chauffage, il arrive fréquemment que, soit par les conditions mêmes du service, soit par des négligences accidentelles, la température des appareils et, par suite, celle des locaux à échauffer, s'abaisse de plusieurs degrés, et qu'il faut ensuite un temps plus ou moins long pour la ramener au degré normal.

Les observations précédentes montrent que, dans les appareils de circulation d'eau chaude, des différences de température de 5 et de 10 degrés sont regagnées en 30′ et en une heure.

Or si, par exemple, il est nécessaire que l'eau soit à la température de 70 degrés, pour que le local à chauffer soit maintenu à celle de 15 degrés, et s'il ne faut que 30 minutes pour ramener cette eau de 65 à 70 degrés, il ne faudra pas beaucoup plus de temps pour relever à 15 degrés la température des salles qui se serait abaissée à 10 degrés, si l'on peut, pendant cette opération, suspendre la ventilation, ce qui serait possible dans le bâtiment où nous avons opéré.

Cette conséquence des expériences précédentes, toute logique qu'elle me paraît être, devra être vérifiée par des observations spéciales, auxquelles il serait bon, s'il était possible, d'en joindre d'autres comparatives sur la marche des températures dans les appareils de chauffage à la vapeur seule ou par le système mixte de la vapeur et de l'eau.

452. *Uniformité générale des températures.*—Quoi qu'il en soit, il n'en résulte pas moins des expériences, dont je viens de rapporter les résultats, que, dans les appareils de chauffage par circulation d'eau chaude, il s'établit rapidement une grande uniformité de température et qu'ils sont susceptibles de transporter la chaleur avec régularité à de grandes distances, sans que les températures des locaux échauffés et les effets que ces appareils peuvent produire cessent d'être uniformes. Ces conditions importantes, qui ne sont nullement satisfaites par les appareils de chauffage à l'air chaud, ne me paraissent pas l'être au même degré par ceux où l'on emploie la vapeur, attendu que, si la condensation successive de celle-ci produit un échauffement assez rapide des parois qu'elle touche, il en résulte, comme conséquence, des différences très-grandes dans la quantité de chaleur qu'elle peut abandonner.

Il serait fort à désirer que des expériences pussent être faites à ce sujet.

455. *Chauffage par circulation d'eau chaude à haute pression.* — M. Péclet, dans la 3e édition de son *Traité de la chaleur*, nous fournit sur ce mode de chauffage les renseignements suivants (page 408, IIe volume) :

« Le calorifère de Perkine se compose d'un circuit de tuyaux comme pour le chauffage à eau chaude ordinaire, mais il n'y a pas de poêles, les tuyaux n'ont qu'un petit diamètre, le vase d'expansion est exactement fermé, et, enfin, l'eau est portée, du moins en sortant du foyer, à une température très-élevée. Une partie du circuit est placée dans un fourneau, le reste circule dans les pièces qui doivent être chauffées, ou serpente dans des caisses ouvertes par les deux bouts, où il échauffe l'air qui doit servir au chauffage et à la ventilation. »

Plus loin, il ajoute :

« Dans les appareils qui existent en Angleterre, la température des tuyaux, à la partie supérieure du circuit, est ordinairement de 150 à 200 degrés centigrades ; à la partie inférieure de la colonne descendante, près du foyer, elle n'est que de 60 à 70 degrés centigrades. Ces températures correspondent à des pressions de 4 à 15 atmosphères seulement. Mais comme dans le foyer les tubes sont portés au rouge, les pressions intérieures peuvent devenir beaucoup plus considérables. Si l'eau atteignait la température du rouge obscur, qui correspond à peu près à 500 degrés, la pression s'élèverait à plus de 500 atmosphères. »

Il suffit, je pense, de ce résumé de la description donnée par M. Péclet du système de chauffage par l'eau chaude à hautes températures, pour en montrer à la fois les dangers et les inconvénients.

L'on a cherché à l'introduire en France, mais déjà plusieurs grands établissements y ont renoncé. Non-seulement il s'est produit parfois des explosions, mais, même quand

ces appareils fonctionnent bien, les tubes acquièrent une température tellement élevée que les étoffes qu'ils touchent peuvent être roussies et complétement altérées, ainsi que les bois et les peintures.

On m'a assuré qu'une explosion grave avait eu lieu dans la rue Laffitte, à Paris.

CHAPITRE X.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES AUX DIFFÉRENTS ÉDIFICES.

Par les indications que je vais chercher à donner des dispositions qu'il me semble convenable d'adopter dans les divers cas que l'on peut avoir à examiner, je n'ai nullement l'intention de déterminer les détails d'exécution qui peuvent, selon les conditions de la construction et les circonstances particulières, varier de bien des manières. Je me propose seulement de montrer comment, en appliquant les mêmes principes généraux, on peut approprier les divers systèmes de ventilation par appel à ces circonstances spéciales qui peuvent avoir souvent, sur le choix des solutions, une influence prédominante.

Si l'ensemble des recherches théoriques expérimentales auxquelles je me suis livré m'a de plus en plus convaincu que la ventilation par appel est à presque tous les points de vue préférable à la ventilation par insufflation, je n'ai pas de préférence exclusive et absolue pour aucun des divers systèmes de chauffage et d'appel. Le choix à faire me paraît devoir toujours dépendre des conditions de la construction de l'édifice auquel il y a lieu de l'appliquer. C'est ce que je chercherai de faire sentir par des exemples.

Des hôpitaux.

454. S'il est vrai qu'un renouvellement abondant, régulier et convenablement réparti de l'air soit un des moyens les plus puissants que l'art mette à la disposition des médecins pour l'assainissement des hôpitaux et la guérison des malades, il est loin d'être le seul et peut-être même le plus efficace. Une bonne disposition, une proportion convenable des salles de malades, un régime alimentaire réparateur doivent

avoir sur leur rétablissement une influence au moins aussi avantageuse.

La réunion d'un grand nombre de malades ou de blessés dans un même local est une cause d'insalubrité, de propagations d'affections morbides et parfois épidémiques trop connue, pour qu'il soit nécessaire d'insister sur ses tristes effets, et je n'oserais répéter la définition qu'un habile médecin donnait des hospices destinés aux femmes en couche.

Sans entrer dans une discussion pour laquelle je serais tout à fait incompétent, je ne crois pas être démenti par les maîtres de la science médicale en disant que les salles d'hôpital ne devraient contenir chacune qu'un nombre restreint de malades, que dans les constructions anciennes ou récentes l'on a beaucoup trop sacrifié les conditions hygiéniques à la facilité du service et de la surveillance, et que les grandes salles des nouveaux hôpitaux, malgré leur belle apparence et l'espèce de luxe avec lequel elles sont établies, ne sont pas des modèles à imiter.

Dans son *Étude sur les hôpitaux*, M. le directeur de l'Assistance publique constate que l'ensemble des hôpitaux de Paris comporte :

68	salles	de.....	3	à	9	lits.
96	—	de.....	10	1	19	—
51		de.....	20	à	29	
47		de.....	30	à	39	
20		de.....	40	à	49	
5	123	de.....	50	à	59	530 à 413 lits.
1		de.....	60	à	69	
5		de.....	70	à	79	
3		de.....	80	à	89	
			363	à	441	

Il résulte de ce relevé que, sur un nombre de lits de 363 à 441, il y en a dans ces hôpitaux 350 à 410 ou plus des 0,90 qui sont établis dans des salles de 20 lits. L'on peut donc dire que dans les hôpitaux de Paris il y a plus de 20 lits par salle, ce qui me paraît une limite supérieure que l'on ne devrait pas atteindre.

Des salles de dimensions restreintes, contenant au plus 12

à 18 lits seraient préférables à ces vastes galeries où 60 et parfois 80 malades sont réunis. La classification des individus, d'après la nature de leurs maladies, la séparation de ceux qui sont atteints d'affections contagieuses ou épidémiques deviendraient possibles et l'assainissement serait plus facile.

Cette subdivision ne serait d'ailleurs ni difficile, ni onéreuse, au point de vue de la construction, et elle pourrait rendre plus efficaces les dispositions à prendre pour la ventilation, en permettant de grouper vers le milieu les appareils destinés à produire l'appel, les lieux d'aisances, les étuves, etc.

L'usage de certains hôpitaux anglais de réserver à proximité pour les malades, convalescents ou qui peuvent se lever, une salle de réunion où ils trouvent quelques livres, et n'ont plus sans cesse sous les yeux le spectacle de leurs compagnons de misère, me paraît devoir être imité. Sous ce rapport, la disposition générale de l'hôpital de Guy, à Londres, est assez satisfaisante; mais je crois cependant qu'il serait bon que cette salle servît aussi pour l'introduction des malades arrivant, qu'elle permettrait de faire passer directement dans les salles auxquelles ils sont destinés.

La purification des salles par la circulation de l'air extérieur est tellement salutaire, et même pour des malades elle offre un si grand agrément que, tout en attachant une grande importance à l'établissement d'une bonne ventilation artificielle, il faut bien se garder de se priver de ce moyen si simple dans les saisons et dans les moments où la température extérieure permet d'en user. La vue du soleil, l'aspiration de l'air extérieur sont pour des malades des jouissances qui peuvent influer, plus qu'on ne croit, sur leur rétablissement.

Sous ce rapport, l'emploi de bâtiments simples permettant, en temps convenable, la libre circulation de l'air, paraît préférable à celui de bâtiments doubles avec un mur de refend longitudinal.

A l'hôpital de Guy, l'on a cherché à concilier l'usage des

bâtiments doubles avec la condition de la libre circulation de l'air dans le sens transversal, en réservant dans le mur de refend de larges ouvertures ou arcades, mais alors l'on est tombé dans l'inconvénient d'avoir des salles communes à un trop grand nombre de malades.

455. *De la capacité des salles.* — La capacité des salles, par rapport au nombre des individus, a une grande impotance en ce qu'elle permet aux émanations émises ou à l'air vicié par chacun d'eux de se répartir dans une proportion d'air d'autant plus considérable, que cette capacité l'est elle-même davantage. Mais, d'une autre part, il ne convient pas, je crois, d'exagérer le volume même de salles, ni surtout leur hauteur. Cette dernière dimension est, en effet, un obstacle aux mouvements de circulation régulière et de renouvellement continu de l'air qu'il importe d'obtenir dans des lieux que l'on veut ventiler. Une trop grande hauteur permet la formation de remous, dans lesquels se cantonne et peut s'accumuler l'air vicié pendant un temps assez long. Une hauteur de $4^{m},50$ à 5 mètres au plus est bien suffisante, je crois, pour des salles d'hôpital et pour obtenir un volume déterminé, il vaut mieux augmenter les espacements horizontaux que l'autre dimension. L'on y trouvera l'avantage d'un plus grand isolement des malades.

Une note fort intéressante, à divers points de vue de M. le docteur L. Lefort *, sur la comparaison des hôpitaux français et des hôpitaux anglais fournit sur le volume d'espace moyennement affecté à chaque lit, ainsi que sur le nombre de lits correspondant à chaque trumeau, sauf les extrêmes, les données suivantes :

---

* *Notes sur quelques points de l'hygiène hospitalière en France et en Angleterre*, par M. le docteur Léon Lefort, professeur à la Faculté de médecine de Paris.

Désignations des hôpitaux.	Volumes des salles par lit. mèt. c.	Nombre de lits par fenêtre.
La Pitié.....	44,26	2
Saint-Antoine.....	38,91	2
Hôtel-Dieu.....	52,44	2
Beaujon.....	39,19	2
Clinique.....	50,82	2 à 3
Bicêtre.....	28,75	2 à 3
La Charité.....	51,45	»
*Lariboisière.....	58,90	2
Moyenne**..	48,00	2

La moyenne générale de la capacité des salles de ces hôpitaux, en exceptant celui de Bicêtre, est donc de 48 mètres cubes par lit.

Dans l'*Étude sur les hôpitaux*, publiées par M. le directeur de l'assistance publique, l'on trouve, page 569, un tableau relatif aux hôpitaux généraux et aux hôpitaux spéciaux, d'où il résulte que le volume moyen existant par lit serait, d'après le nombre effectif des lits :

	mèt. c.
Dans les hôpitaux généraux.....	42,908
Dans les hôpitaux spéciaux.....	33,785

Dans les hôpitaux anglais, les capacités seraient les suivantes :

	mèt. c.
London Hospital.....	47,6
Saint-Thomas.....	49,3
Saint-Barthélemy.....	47,2
Glascow.....	49,4
King's College, anciennes salles.....	49,0
— nouvelles salles.....	70,0

La moyenne générale, en exceptant les nouvelles salles du

---

* En exceptant Bicêtre.

** Ce chiffre n'est pas tout à fait exact. Les salles de cet hôpital ont 38 mètres de longueur, $8^{m},80$ de largeur et 5 mètres de hauteur. Capacité : 1672 mètres cubes pour 32 lits, ce qui correspond à $52^{m.c},25$ par lit.

King's College, bien plus largement disposées que les autres, serait ainsi de $48^{m.c},5$ de capacité par lit, comme à Paris, dans les hôpitaux dont la construction ne remonte pas à des époques trop éloignées.

Il me semble, d'après cette comparaison, qu'on peut admettre comme base des proportions de capacité, 50 mètres cubes environ par lit, et que pour l'obtenir il vaudrait mieux limiter la hauteur d'étage à $4^m,50$ ou à $5^m,00$, en augmentant, au contraire, l'écartement des lits, de manière à n'en placer qu'un par trumeau, en accroissant le nombre des fenêtres. L'on y gagnerait plus de lumière et une plus grande facilité pour l'admission d'air pur. Souvent, cependant, il suffirait de placer deux lits par trumeau et d'adopter de larges fenêtres.

456. *Répartition de l'espace horizontal.* — En admettant, comme nous venons de le dire, une capacité cubique de 50 mètres cubes par lit, et une hauteur d'étage de $4^m,50$, la superficie horizontale affectée à chaque lit serait égale à $\frac{50}{4.5} = 11^{m.q},11$.

Si nous supposons d'abord qu'on place deux lits par trumeau dans un bâtiment simple, on peut répartir cet espace ainsi qu'il suit :

Largeur des lits	1 mètre.	
Intervalle entre deux lits	2	—
Longueur consacrée à un lit	3	—
Demi-largeur intérieure du bâtiment	3	70
Surface égale par lit	$3 \times 3,70 = 11^{m.q},10$	
Longueur des lits	2^m	»
Distance des lits au mur	»	20
Largeur du bâtiment occupé par lit	2	20
Demi-largeur du passage central	1	50
Demi-largeur intérieure du bâtiment	3	70
Largeur totale du passage central	3	»

Une salle de 12 lits aurait donc une largeur intérieure de $7^{m},40$, une longueur de 18 mètres cubes d'axe en axe des murs de refend, en réduisant à $0^{m},70$ la distance des lits extrêmes au mur, et l'entr'axe des fenêtres serait de $6^{m},00$.

Dans cette distribution, il y aurait deux lits par trumeau et une salle de 12 lits aurait 6 fenêtres, dont 3 sur chaque face, 4 trumeaux entiers et deux demi-trumeaux.

Avec la même longueur on pourrait aussi percer cinq fenêtres sur chaque face, mais alors il faudrait en restreindre les dimensions pour éviter que, l'hiver, les salles ne fussent trop difficiles à chauffer. L'entr'axe serait réduit à 3 mètres.

Pour les salles destinées aux femmes en couches et dans lesquelles il serait à désirer qu'il n'y eût jamais plus de 8 à 10 lits, le cube de l'espace à allouer, et surtout l'espace superficiel, devraient être augmentés au moins de moitié en sus.

457. *Dispositions générales des prises d'air nouveau.* — On a vu par les exemples divers que nous avons cités, qu'au moyen d'un appel d'une énergie suffisante, mais facile à obtenir, on pouvait prendre l'air nouveau à telle hauteur de l'atmosphère qu'on le jugerait convenable.

Les conditions locales pourront décider du choix. Si l'hôpital est isolé, dans un lieu bien aéré, les prises d'air pourront être faites simplement à hauteur de chaque étage, par des ouvertures pratiquées dans les trumeaux et communiquant avec les appareils de chauffage. On aura cependant soin d'isoler celles du rez-de-chaussée du soubassement, à moins qu'il ne soit élevé et que la propreté de ses abords soit assurée. Les dispositions prises à Vincennes pour le bâtiment C, par M. le commandant Benoît, sont très-convenables.

Si, au contraire, l'hôpital est dans l'intérieur d'une ville, entouré de rues étroites et peu salubres, il conviendra de puiser l'air aussi haut qu'on le pourra, au moyen d'une cheminée ou d'une petite cour d'appel pour le conduire dans une chambre à air, où il s'échauffera au contact des appareils de chauffage, ainsi que cela a été appliqué à l'hôpital de

Guy, ou pour l'introduire directement à hauteur de chaque étage, en le faisant passer, l'hiver, par les appareils de chauffage.

Le dispositif de l'hôpital de Guy, très-convenable pour la saison du chauffage, a, l'été, l'inconvénient de faire parcourir inutilement à l'air affluent des circuits beaucoup plus longs que le précédent, qui me semble devoir être le type le plus général, à moins qu'on ne se décide à employer les calorifères à air chaud.

Tous les conduits d'air nouveau déboucheraient vers le plafond de la salle, d'où il se répandrait par des orifices allongés et étroits qui pourraient être pratiqués dans des corniches creuses.

Ces conduits seraient munis de ventelles ou de registres, qui permettraient, l'été, d'y faire arriver de l'air frais en quantité convenable, pour modérer la température et assurer la salubrité, surtout pendant la nuit.

Les lieux d'aisances seraient ventilés à raison de 30 mètres cubes au moins par heure et par siége. Il y serait disposé des introductions d'air spéciales pour fournir à l'évacuation.

Il doit être entendu, une fois pour toutes, que tous les conduits d'évacuation d'air vicié d'un même bâtiment, seraient réunis d'abord par groupes, puis dans une même capacité servant de point de départ à une cheminée commune et générale d'évacuation pour un même pavillon.

Cette cheminée, à laquelle on donnerait toute la hauteur compatible avec les conditions de la construction et avec les dispositions générales adoptées, devrait être en briques ; de manière à rendre peu sensible le refroidissement de l'air dans son parcours.

La section transversale à la bouche, devra être calculée de manière qu'en temps ordinaire la vitesse moyenne de l'air y soit de 3 mètres en 1″. Elle pourrait être plus large dans le reste de sa hauteur où il suffit, pour la régularité de la ventilation, que la vitesse atteigne 2 mètres au plus en 1″.

Les appareils de chauffage employés, devront être propor-

tionnés de manière qu'en toute saison la température de l'air dans la cheminée principale soit de 20° à 25° supérieure à la température extérieure et puisse, selon les besoins, être poussée plus haut.

Tous les becs d'éclairage intérieur au gaz, seraient autant que possible utilisés pour aider à la ventilation.

Mais en outre, des becs de gaz auxiliaires seront disposés dans la cheminée principale d'évacuation, afin de permettre en temps d'encombrement ou d'épidémie d'augmenter, dans une large proportion, le volume d'air évacué. Si les conduits de circulation de l'air vicié sont bien proportionnés et n'offrent pas trop de coudes et d'étranglements, on pourra déterminer le nombre de becs à allumer, en admettant que chaque mètre cube de gaz brûlé augmente le volume d'air évacué de 500 mètres cubes.

Lorsqu'on emploiera le chauffage à l'eau chaude, les tuyaux de circulation d'eau chaude, destinés à l'échauffement de l'air nouveau, passeront dans l'épaisseur des murs de face, de pignon ou de refend. Les prises d'air se feront alors à l'extérieur, à chaque étage, comme il a été dit, et seront munies de registres qui permettront d'en faire varier l'ouverture selon les saisons et les températures extérieures.

Des orifices additionnels devront être ménagés pour la saison d'été, soit au-dessus des fenêtres, soit par une construction de ces fenêtres analogue à celle qui est en usage dans quelques hôpitaux anglais.

458. *Des orifices d'évacuation de l'air vicié.* — Quant aux dispositions à prendre pour l'évacuation de l'air vicié, elles se rapprocheraient beaucoup de quelques-unes de celles qui sont déjà en usage.

Les orifices d'appel de l'air devraient être placés, comme on le pratique déjà, derrière les lits, à peu près à fleur du sol, mais dans les parois verticales des murs, au nombre d'un au moins pour deux lits, ou s'il se pouvait, d'un par

lit. Les sections des conduits seraient calculées par la condition que l'air n'y devrait pas avoir, en temps ordinaire, une vitesse supérieure à $0^m,70$ ou $0^m,80$ en $1''$, en débitant un volume de 70 à 80 mètres cubes par heure et par lit, afin de se réserver la facilité d'activer la ventilation en temps d'épidémie.

459. *Application à un système de ventilation par appel à niveau.* — Un poêle à eau chaude ou à air chaud, serait établi dans chaque salle pour permettre aux malades de venir s'y chauffer. Il servirait aussi, en temps de chauffage, à l'introduction d'une portion de l'air nouveau nécessaire. Sa hauteur devrait être assez grande pour que cet air débouchât à 2 mètres au moins au-dessus du sol, et qu'on ne pût pas, comme cela arrive trop souvent, en obstruer le débouché par le dépôt de linge à sécher, etc.

Outre ce poêle, des tuyaux de circulation d'eau chaude, ou d'arrivée d'air chaud venant d'une chambre inférieure de mélange, simplement ménagés dans les trumeaux des fenêtres, amèneraient de l'air vers les plafonds.

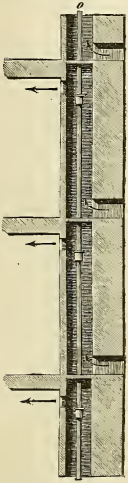
Les épaisseurs des murs permettront presque toujours de disposer dans les trumeaux deux séries de conduits verticaux pour un bâtiment de trois étages; les uns seront destinés à recevoir les tuyaux de circulation d'eau qui devront chauffer l'air nouveau et introduire cet air dans les salles vers le plafond, les autres par lesquels se fera l'appel de l'air vicié, seront parcourus par les tuyaux qui devront échauffer cet air et activer l'appel.

Les conduits d'arrivée de l'air nouveau qui régneront sur toute la hauteur des trois étages, seront, vers le sommet de chacun d'eux, barrés par un diaphragme en maçonnerie, qui obligera l'air affluent pris au dehors à hauteur du plancher inférieur, à se déverser au plafond. Ils recevront habituellement un tuyau d'ascension et deux à trois tuyaux de retour d'eau chaude. Pour assurer pendant l'été l'arrivée de l'air par ces conduits, il conviendra de leur donner une section

beaucoup plus grande que celle qui serait nécessaire pour l'hiver.

Des expériences faites l'été sur l'introduction de l'air par les poêles non chauffés des pavillons ventilés par aspiration à l'hôpital Lariboisière, m'ayant montré que la vitesse d'introduction peut être réduite l'été, alors qu'on ne chauffe pas, à $0^m,30$ ou $0^m,40$ par seconde, il conviendra de donner à ces conduits une section libre, déduction faite de celle des tuyaux, telle que l'espace pour le passage de l'air soit assez grand pour qu'il puisse au besoin affluer 100 mètres cubes d'air par heure et par lit.

Fig. 48.



Si donc il y a un conduit pour deux lits, il devra pouvoir débiter par seconde, même l'été, $\frac{200^{m\cdot c}}{3600} = 0^{m\cdot c},0555$ en $1''$, à la vitesse de $0^m,30$, ce qui exige une section libre de

$$\frac{0^{m\cdot c},0555}{0^m,30} = 0^{m\cdot q},15,$$

Cette dimension pouvant quelquefois paraître trop considérable par rapport aux conditions de la construction, l'on pourra disposer en d'autres endroits, et en particulier au-dessus des fenêtres, des orifices auxiliaires d'admission pour la saison d'été.

S'il y a quatre tuyaux de circulation d'eau, dont trois de $0^m,15$ de diamètre extérieur et un de $0^m,10$, ils occuperont ensemble environ $0^{m\cdot q},06$ et avec leurs brides peut-être même $0^{m\cdot q},08$. La section transversale totale du tuyau devrait donc être de

$$0^{m\cdot q},15 + 0^{m\cdot q},08 = 0^{m\cdot q},23.$$

Or, si l'entr'axe du bâtiment est de $4^m,80$ comme à Lari-

boisière (et il vaudrait mieux qu'il fût de 5 mètres), il n'y aurait pas de difficulté à établir dans les trumeaux des conduits verticaux de $0^m,80$ de largeur sur $0^m,30$ de profondeur, dont la section serait égale à $0^{m\cdot q},24$. On peut d'ailleurs, comme on l'a dit plus haut, soit par une construction particulière des fenêtres, soit par des orifices ouverts au-dessus de leurs embrasures, se ménager, pour l'été, d'abondantes introductions d'air.

Dans ces mêmes trumeaux devraient aussi être ménagés à côté du conduit précédent, des conduits d'évacuation où se produirait l'appel au niveau du plancher de chaque étage. Celui du milieu, recevant les tuyaux d'ascension et de retour d'eau destinés à échauffer l'air vicié, s'élèverait dans toute la hauteur des étages et comme on peut toujours compter sur une vitesse de $0^m,80$, produite par la chaleur, sa section devra être calculée pour extraire 100 mètres cubes d'air par heure et par lit à cette vitesse, déduction faite de l'espace occupé par les tuyaux.

Ainsi le passage libre pour l'air devra être égal à

$$\frac{3600 \times 0,80}{200^{m\cdot c}} = 0^{m\cdot q},0691,$$

soit $0^{m\cdot q},07$.

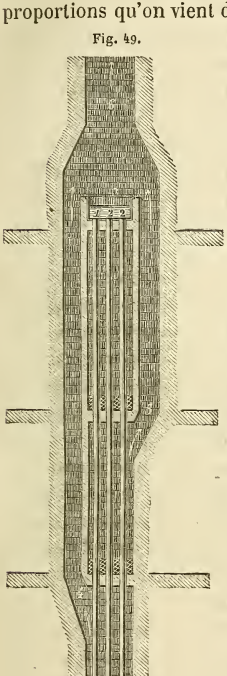
Si les deux tuyaux ont chacun $0^{m\cdot c},10$ de diamètre, leurs sections réunies occuperont $0^{m\cdot q}$, 016, et la section totale de ce conduit central devra être de $0^{m\cdot q},070 + 0^{m\cdot q},016 = 0^{m\cdot q},086$. En lui donnant $0^m,30$ de profondeur comme à celui d'arrivée, il suffira qu'il ait autant en largeur.

A hauteur de chaque étage, ce conduit sera fermé et un autre conduit oblique, convenablement dévoyé, dirigera l'air du rez-de-chaussée dans un conduit latéral et vertical de $0^m,30$ sur $0^m,25$ de largeur, ayant $0^m,075$ de section. L'air vicié du premier étage sera de même dirigé à droite dans un tuyau d'évacuation auquel on donnera $0^m,30$ sur $0^m,25$ ou $0^{m\cdot q},075$ de section.

Les dimensions des trumeaux des pavillons de l'hôpital

Lariboisière qui ont 3m,60 seulement de largeur sur 0m,80 au rez-de-chaussée, permettraient, sans compromettre la solidité de la construction, d'y ménager des conduits des proportions qu'on vient d'indiquer. Mais l'entr'axe de ce bâtiment est trop petit, et il conviendrait, pour pouvoir placer convenablement deux lits par trumeau, d'adopter dans des constructions nouvelles un entr'axe de 5 mètres au moins, et des épaisseurs de murs de 0m,85 au rez-de-chaussée, de 0m,80 au premier étage et de 0m,75 au deuxième étage.

Fig. 49.



Il ne faut pas, en effet, oublier que la stabilité des murs dépend bien plus de leur largeur que de l'aire de leur section transversale, et que les plus mauvais matériaux bien employés, sont susceptibles de supporter des hauteurs de bâtiments bien supérieures à celles en usage.

Parvenus au grenier, les trois conduits d'évacuation seront réunis en un seul et dirigés, ainsi que ceux des autres trumeaux, vers le bas d'une cheminée centrale dont l'action régularisera leur effet. Le grenier devra être fermé et plafonné, pour éviter autant que possible le refroidissement des conduits.

En proportionnant bien les tuyaux de circulation d'eau, la chaleur développée dans les conduits et celle des vases d'expansion, placés au sommet de chacun d'eux, suffira pour

donner à l'appel l'énergie nécessaire en toute saison. S'il en était autrement, rien ne serait plus facile que de prolonger quelques-uns des tuyaux d'eau chaude au bas et même dans l'intérieur de la cheminée générale.

Il doit d'ailleurs être entendu que toutes les dimensions du dispositif qu'on vient d'indiquer, étant très-largement calculées pour subvenir aux besoins accidentels d'une ventilation extraordinaire, les conduits d'arrivée et d'évacuation de l'air seront munis de ventelles, dont la manœuvre ne devra être qu'à la disposition d'un agent de la direction, afin de pouvoir modérer ou activer la ventilation, selon les circonstances, sans la laisser régler par les infirmiers.

460. *Application à un autre dispositif d'appel à niveau.* — Dans certains cas, et en particulier dans celui où les épaisseurs des murs et les conditions de la construction ne permettraient pas de pratiquer tous les conduits verticaux que nous venons d'indiquer, on pourrait concentrer l'action de l'appel dans une seule cheminée où circuleraient les tuyaux d'échauffement de l'air vicié et où viendraient à chaque étage, déboucher des conduits horizontaux qui, passant sous les planchers, amèneraient l'air vicié dans cette cheminée. Ce dispositif diminuerait le nombre des conduits ouverts dans les trumeaux et permettrait aussi de réduire le nombre de ceux qui seraient destinés à l'arrivée de l'air nouveau, en leur donnant seulement plus de largeur.

Il doit d'ailleurs être entendu que la cheminée générale d'évacuation serait alors partagée par des languettes en autant de conduits différents qu'il y aurait d'étages jusqu'au dessus du plus élevé, et qu'au niveau de chacun des étages, un appareil de chauffage serait disposé pour y activer l'appel, de manière à profiter dans tous les cas de la hauteur totale de la cheminée, au-dessus du plancher de l'étage.

Ce dispositif serait assez simple à réaliser dans les hôpitaux où des galeries servant de promenoirs, ou des corridors de service, régneraient à chaque étage, disposition, assez conve-

nable d'ailleurs, qui permet de répartir les malades dans de petites salles assez rapprochées pour que le service y soit facile, et qui a été adoptée pour l'asile du Vésinet.

Selon la nature et les conditions de la construction, on pourra préférer l'un ou l'autre dispositif. Tous sont basés sur le même principe, qui consiste :

1° A introduire l'air près du plafond ;

2° A l'extraire près des lits, à hauteur du sol, et à le diriger vers des cheminées chauffées à partir du niveau de chaque étage jusqu'à une certaine hauteur.

461. *Application à un système de ventilation par appel par en bas.* — Lorsque des considérations locales, ou le nombre restreint des étages, pourront engager à employer le système d'appel par en bas, les dispositions précédentes seront modifiées en conséquence, mais en suivant les mêmes principes.

Ce système se prête très-bien, comme on le sait, à l'emploi direct de la chaleur pour déterminer l'appel de l'air vicié, et il peut se combiner avec tous les appareils de chauffage.

Il est d'un service facile pour la ventilation d'été. Il faut seulement prendre des dispositions pour éviter que, lors de l'allumage du foyer, le tirage ne se fasse d'abord en sens contraire du sens normal. Des portes de clôture des galeries d'évacuation et des ouvertures spéciales d'appel pour l'allumage suffiront.

462. *Application au système d'appel par en haut.* — Enfin, si des dispositions locales obligent à placer la cheminée générale d'évacuation dans les parties supérieures de l'édifice, on suivra encore les mêmes règles et l'on pourra obtenir les mêmes effets en dépensant un peu plus de chaleur.

463. *Application particulière aux petits hôpitaux et aux hôpitaux temporaires de campagne.* — L'installation des appareils de circulation d'eau chaude, pour le chauffage et la ven-

tilation des hôpitaux, quoiqu'en réalité la plus avantageuse, au point de vue de la régularité du service et de l'économie de la dépense journalière, ne peut pas être adoptée dans certaines circonstances. Elle est assez coûteuse et peut dépasser les ressources d'une administration municipale. D'un autre côté, elle ne saurait être employée pour les hôpitaux temporaires, comme ceux que l'on est obligé d'installer en campagne.

Dans des cas pareils, tout en appliquant les principes exposés précédemment et sans faire des constructions dispendieuses, il y a moyen d'obtenir encore une bonne ventilation.

Ainsi, pour des hôpitaux permanents, on peut avoir recours, pour le chauffage, aux calorifères à air chaud, en ayant soin de les placer, comme nous l'avons dit, dans des chambres à air assez vastes, pour qu'on puisse y produire un mélange convenable d'air chaud et d'air frais, afin de ne fournir aux salles que de l'air à une température modérée et suffisamment hygrométrique.

Les arrivées d'air nouveau devront toujours être dirigées près du plafond, et les appels faits au niveau du plancher.

Quant à l'appel, il pourrait être déterminé, à chaque étage d'abord, à l'aide de la chaleur perdue par les tuyaux de fumée des calorifères, et ensuite, surtout l'été, par des foyers spéciaux établis extérieurement à la même hauteur que l'étage et alimentés en partie par l'air vicié à extraire, et dont la température même contribuerait à son extraction. L'usage de foyers ou de poêles à coke, dont la marche est plus régulière que celles des poêles à houille, pourrait être avantageux dans certains cas.

Pour des hôpitaux de petites villes ou de campagne, de simples conduits en briques ou même en planches, placés en dedans ou en dehors des salles, rendus étanches au moyen d'enveloppes de toile ou même de papier, pourraient servir à l'introduction et à l'évacuation de l'air. Si l'on ne pouvait établir des cheminées spéciales, on utiliserait les con-

duits de celles des maisons occupées, en choisissant les plus grandes.

Les proportions des conduits devraient être déterminées d'après les bases admises précédemment, et le plus largement possible, eu égard à la nature des affections et des blessures.

Des prisons.

464. Les dispositions générales adoptées pour les nouvelles prisons paraissent convenables.

Dans les salles communes de détention, l'appel et l'arrivée de l'air se feront, comme dans les salles des hôpitaux, par des conduits ménagés dans les murs, mais il n'y aura pas de poêles.

Quant aux cellules, l'appel se fera par les siéges d'aisances, et l'arrivée de l'air près du plafond par un conduit vertical venant de la chambre à air des calorifères, ou contenant un tuyau de circulation d'eau.

Mais il sera nécessaire de ne pas donner aux conduits d'appel un développement aussi considérable que ceux que l'on a adoptés pour certaines prisons, et qui ont nui à la régularité de l'évacuation de l'air vicié.

Dans ce cas, où l'on n'a pas à prévoir la nécessité d'une ventilation extraordinaire, on pourra donner aux conduits d'arrivée et d'évacuation de l'air des dimensions moindres que pour les hôpitaux, en admettant pour les premiers une vitesse de $0^m,40$ seulement, en été, et pour les seconds une vitesse de $0^m,80$; celle de la cheminée générale restant fixée de $1^m,50$ à 2 mètres, avec rétrécissement à la partie supérieure, pour atteindre à la sortie celle de 3 mètres en une seconde.

Des casernes.

465. La ventilation des casernes ne présente pas de difficultés spéciales, et les règles générales que nous avons indiquées précédemment s'y appliquent exactement. Si, dans

celles où l'on a fait des tentatives de ventilation, on a éprouvé beaucoup de difficultés à empêcher les soldats de boucher les orifices d'arrivée de l'air, c'est, comme l'ont très-bien fait remarquer MM. les officiers du Génie dans leurs rapports, parce que ces orifices, placés à fleur du sol, donnaient lieu à des courants d'air froid très-désagréables, et que les conduits d'évacuation, n'assurant pas convenablement la sortie de l'air vicié, devenaient parfois des conduits d'introduction par suite du renversement du mouvement.

Dans les casernes, comme partout ailleurs, il faut que l'air affluent arrive le plus loin possible des individus et à une température peu inférieure à celle que l'on veut maintenir à l'intérieur. Ainsi, pour l'hiver, une température de 15 degrés est très-suffisante pour des chambres de casernes; il faudrait que l'air nouveau affluent vers le plafond n'arrivât pas à une température inférieure à 12 ou 13 degrés dans les chambres; ce qui exige qu'il soit souvent légèrement échauffé. De là résulterait, comme l'expérience l'a montré à la caserne Bonaparte, la nécessité d'une plus grande consommation de combustible que celle qui est accordée par les règlements.

D'une autre part, comme il ne convient pas de compter sur la seule action de la ventilation naturelle pour donner à l'appel l'énergie et surtout la stabilité nécessaire, il faut déterminer cet appel par l'échauffement d'une cheminée d'évacuation commune à plusieurs chambres et à plusieurs étages. Ce résultat pourrait, dans un grand nombre de cas, être obtenu presque sans frais, si l'on profitait, pour l'échauffement de cette cheminée, de la chaleur perdue des tuyaux de fumée des fourneaux de cuisine, qui sont énergiquement allumés deux fois par jour. A cet effet, le conduit de fumée, construit en briques minces ou en poterie, pourrait être enveloppé par la cheminée d'évacuation, qui serait partagée dans sa hauteur par autant de languettes qu'il y aurait d'étages et de chambres correspondantes.

La ventilation des chambres de casernes n'est réellement nécessaire que la nuit, seule partie de la journée où les

hommes y sont réunis, attendu que dans le jour ils sont presque toujours dehors. Alors, il convient d'allouer à chaque homme 40 mètres cubes d'air par heure. Si donc les chambrées sont de 12 hommes, il faudrait évacuer de chacune d'elles 480 mètres cubes d'air par heure, ou $0^{m\cdot c},133$ en une seconde, et en supposant que la vitesse d'évacuation soit seulement de un mètre en une seconde, une section de $0^{m\cdot q},13$ suffirait pour une chambrée; et s'il y avait, dans un bâtiment double, à chaque étage quatre chambrées de douze lits, cela exigerait, pour les trois étages, une somme de sections égale à $1^{m\cdot q},56$. En y joignant la section centrale du tuyau de fumée, pour lequel un diamètre extérieur de $0^{m},35$ serait très-suffisant, cela conduirait à placer, à la rencontre des murs de séparation des chambres, un massif de conduits de $1^{m},50$ de diamètre environ, dans lequel se trouveraient les douze conduits d'appel particuliers à chaque chambre; ces conduits, isolés par des languettes jusqu'au grenier, se confondraient à partir de cette hauteur dans une même cheminée annulaire, ayant au centre la cheminée des cuisines, qui les dépasserait, et l'aire de cette section annulaire devrait être réduite à moitié environ de la somme des sections indiquées plus haut, ou à $0^{m\cdot q},78$, afin que la vitesse générale d'évacuation y devînt double et eût la stabilité nécessaire.

Des dispositions devraient être prises pour que l'évacuation de l'air vicié n'eût lieu que quand les hommes sont réunis dans les chambres, c'est-à-dire la nuit, afin de concentrer le plus possible dans la cheminée la chaleur que le tuyau de fumée des cuisines pourrait lui communiquer pendant le jour.

On voit que la disposition que je viens d'indiquer succinctement pourrait donner, sans frais, à l'appel de l'air vicié une énergie très-probablement suffisante, et mettrait à l'abri des retours d'air froid.

Mais il resterait toujours la nécessité de chauffer, pendant l'hiver, à un degré convenable l'air nouveau à introduire

dans les chambres, et on ne peut se dissimuler qu'il n'en doive très-probablement résulter une certaine augmentation dans les quantités de combustible allouées aux soldats.

Il ne serait pas impossible cependant, je crois, de construire des fourneaux, suffisamment simples et économiques, qui, tout en conservant au soldat la facilité de se chauffer et de se sécher lorsqu'il rentre mouillé, communiqueraient à l'air introduit la température convenable.

Peut-être même des dispositions simples ayant quelque analogie avec les appareils de chauffage à l'eau chaude du palais de Sydenham, ou de l'hôpital de Guy, pourraient-elles être introduites économiquement dans les casernes, en permettant de retrouver le combustible qu'elles consommeraient par une économie sur celui que l'on brûle actuellement dans les chambres.

Cette nécessité d'échauffer un peu l'air n'existe d'ailleurs que pendant une partie de l'année, tandis que l'évacuation de l'air vicié pourrait se produire toute l'année à peu près sans frais.

Enfin, il est probable que l'assainissement des casernes aurait sur la santé des soldats une influence assez salutaire pour diminuer le nombre des maladies, et que l'État recouvrerait indirectement, par une diminution des dépenses des hôpitaux, les frais qu'il aurait faits pour assurer à ses défenseurs un état hygiénique plus convenable que celui qui existe aujourd'hui, et dont les inconvénients sont connus de tous ceux qui ont vécu avec le soldat.

Je crois les indications générales qui précèdent suffisantes pour servir de point de départ à des études plus détaillées, et je ne doute pas que, si MM. les officiers du Génie étaient chargés d'arriver à une solution efficace et cependant économique de cette question importante pour la santé de l'armée, ils ne sçussent très-bien la trouver.

Des écoles et des salles d'asile.

466. Ces locaux n'étant occupés que pendant quelques

heures dans la matinée et dans l'après-midi, et la surveillance du chauffage et de la ventilation ne pouvant être confiée à des agents spéciaux, l'on est obligé de recourir aux moyens les plus simples et aux appareils les plus faciles à régler, ce qui conduit nécessairement à l'usage des poêles ou des calorifères à air chaud.

L'emploi des poêles ordinaires en fonte avec circulation intérieure d'air, est rarement sans inconvénients, et presque toujours il donne lieu à des variations considérables et parfois incommodes dans la température. Il convient ici plus qu'ailleurs peut-être de joindre aux appareils de chauffage des capacités susceptibles d'assurer le mélange de l'air chaud et de l'air froid dans des proportions qui permettent de n'introduire dans les salles que de l'air à une température modérée.

D'une autre part, le chauffage ne devant avoir une certaine activité que pendant l'hiver, tandis que la ventilation doit fonctionner en tout temps, il faut prendre des dispositions pour que, au printemps et à l'automne, l'évacuation de l'air vicié, ainsi que l'arrivée de l'air nouveau soit assurées indépendamment du chauffage.

Il faut donc en général que, tout en utilisant l'hiver une partie de la chaleur des appareils de chauffage par le passage des tuyaux de fumée dans les cheminées d'évacuation, on se ménage des moyens auxiliaires pour activer l'appel, lorsque le chauffage doit diminuer d'intensité ou cesser tout à fait. Le mode le plus simple, et en même temps le plus avantageux, paraît être un foyer placé au bas de la cheminée d'évacuation et qui serait alimenté en partie par l'air vicié même que l'on veut extraire.

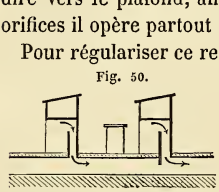
Il y a lieu d'ailleurs de distinguer les écoles qui se composent de plusieurs salles de celles qui n'en ont qu'une, parceque les dispositions à prendre, quoique toujours basées sur les mêmes principes, doivent être différentes.

Dans le premier cas, si les salles des diverses écoles font partie d'un même bâtiment, l'économie et la nécessité d'une

grande régularité dans le chauffage et la ventilation doivent engager à établir un appareil de chauffage unique disposé de manière à satisfaire à tous les besoins. Il sera placé le plus près possible des salles pour éviter les pertes de chaleur, et devra fournir pendant l'hiver celle qui sera nécessaire pour activer l'appel et l'évacuation de l'air vicié. L'air nouveau, chaud ou froid, devra encore déboucher dans les salles le plus loin possible des élèves et des orifices d'appel, c'est-à-dire vers le plafond, afin qu'en obéissant à l'action de ces orifices il opère partout le renouvellement réel de l'air.

Pour régulariser ce renouvellement, il conviendrait de ménager dans les parois verticales des bancs ou de leurs extrémités des orifices d'appel qui communiqueraient tous, par un ou plusieurs conduits pratiqués sous le plancher, avec les conduits d'appel verticaux.

Fig. 50.



L'air vicié serait ainsi appelé des lieux mêmes où il aurait été altéré, et son remplacement amènerait nécessairement l'air neuf à la place de chacun des enfants; tandis que, dans le dispositif actuel, l'air vicié par les uns passant d'un banc à l'autre, se corrompt de plus en plus et n'arrive à la cheminée qu'après avoir infecté les derniers bancs.

Les conduits sous le sol aboutissant tous au bas des tuyaux verticaux d'évacuation, l'on profiterait ainsi de toute la hauteur du bâtiment pour activer l'appel, et en donnant à cette cheminée une section convenable, l'on pourrait obtenir l'évacuation du volume d'air suffisant.

Il est d'ailleurs évident que, dans un pareil dispositif, il n'y a pas lieu de pratiquer un orifice supérieur d'appel dans la cheminée d'évacuation pour l'été, et qu'en toute saison il est préférable de profiter pour cet appel de toute la hauteur de la cheminée.

Le volume d'air à extraire par tête dans les écoles étant de 15 mètres cubes par heure, et la vitesse de passage dans les tuyaux devant atteindre au moins $0^m,70$ à $0^m,80$ en $1''$, l'on

calculera les sections des conduits en conséquence, et on les multipliera assez, pour que l'appel se fasse dans toutes les parties de la salle.

Quant à la cheminée générale d'évacuation, dans laquelle tous les conduits afflueront, la vitesse devra y être de 2 à 3 mètres en une seconde, afin que la sortie de l'air y ait la stabilité nécessaire, et, à cet effet, il faudra établir un appareil auxiliaire d'échauffement de l'air susceptible d'y produire dans l'air appelé une température supérieure de 20° en tous temps à celle de l'air extérieur. Cet appareil pourra être la plupart du temps un petit foyer placé au bas de la cheminée d'évacuation et activé par l'air vicié même que l'on veut extraire.

Au moyen de ces dispositions dont l'exécution ne présente pas de difficultés, l'on pourra assurer économiquement et régulièrement la ventilation des grandes écoles.

Quant aux petites, dans lesquelles il est d'ailleurs bien rare qu'il n'y ait pas au moins deux salles, l'on procéderait d'une manière analogue, mais plus en petit. Un poêle ordinaire en fonte avec ou sans enveloppe, ou un calorifère placé dans une petite chambre à air servirait à échauffer celui qui devrait pénétrer dans les salles, et son tuyau de fumée passerait dans la cheminée d'appel pour abandonner une partie de sa chaleur et servir à activer le tirage. En été, la communication de la chambre à air avec l'extérieur de la salle serait interceptée, et, au contraire, l'on ferait passer par le calorifère une partie de l'air vicié qui s'y échaufferait avant de passer par la cheminée d'appel, et le tirage de cette cheminée serait ainsi assuré. Il est d'ailleurs évident que dans cette saison le poêle ne devrait être que très-modérément chauffé et ferait simplement l'office du petit foyer auxiliaire adopté dans le dispositif actuel.

467. *Des salles d'asile.* — La ventilation des salles d'asile doit se faire au moyen des mêmes dispositions que celle des écoles. Les bancs des enfants dans ces salles étant d'ailleurs disposés en gradins, il en résulte une grande facilité pour

l'ouverture des orifices d'appel qui devront être pratiqués dans les parois de ces gradins, et en très-grand nombre, pour que la vitesse de passage soit insensible.

Si tous les enfants, ou du moins le plus grand nombre, reste habituellement placé sur les gradins, il suffira de mettre le dessous de ces gradins en communication avec la cheminée d'appel, que l'on devra d'ailleurs faire assez grande pour qu'elle puisse évacuer environ 8 mètres cubes d'air par enfant et par heure.

L'on trouvera dans la note A l'indication de dispositions conformes à ce qui précède proposées par deux ingénieurs pour une école isolée.

Des amphithéâtres.

468. Ces locaux présentent des difficultés particulières assez grandes, sur lesquelles il importe de donner quelques indications.

Ils doivent d'abord être chauffés l'hiver à l'avance, afin, qu'à l'entrée du public, la température y soit convenable, de 16 à 18° au moins, mais le chauffage doit être réglé et modéré, en prévision du nombre à peu près connu d'auditeurs, qui fréquentent le cours, afin que la température ne tende pas à s'élever trop promptement, quand ils seront tous arrivés.

Une fois le cours commencé, la température peut augmenter, et il importe de se réserver les moyens de la modérer en extrayant l'air vicié et en introduisant de l'air nouveau à une température convenable.

Les opinions sur la marche à suivre pour l'extraction et l'introduction de l'air sont assez diverses dans ce cas, comme dans bien d'autres.

M. Péclet, dans la 3e édit., 3e vol., p. 152, n° **2291**, s'exprime ainsi qu'il suit, en ce qui concerne la ventilation des amphithéâtres :

« La meilleure disposition consiste à amener l'air au-dessous de l'amphithéâtre, à le distribuer uniformément, par un très-grand nombre d'orifices, à le recueillir au sommet de la

salle pour le conduire à une cheminée d'appel partant des combles, ou mieux pour le faire descendre au niveau du sol, par un tuyau placé au dehors et qui le dirige dans une cheminée d'appel. »

Plus loin (n° 2293), il ajoute : « Le meilleur mode de distribution de l'air dans la salle consiste à l'introduire par des ouvertures pratiquées à la partie supérieure des contre-marches ou à une certaine hauteur dans les faces de devant ou de derrière des bancs; la somme des surfaces de ces orifices étant très-grande, relativement à la section de la cheminée d'appel, la vitesse d'arrivée serait très-petite, etc. »

Les observations nombreuses que j'ai recueillies et que chacun peut répéter, m'ont montré, ainsi que je l'ai déjà dit, qu'il y a des inconvénients très-sensibles à faire affluer l'air nouveau, chaud ou frais, près des personnes placées dans une salle. Cet air est toujours nécessairement à une température différente de cette salle, plus chaud s'il s'agit d'élever, ou même parfois seulement de maintenir la température intérieure, ainsi que cela arrive en hiver, pour compenser l'effet du refroidissement occasionné par les parois, et s'il y a peu de monde dans l'amphithéâtre, plus froid au contraire, si la température extérieure est un peu élevée et s'il y a beaucoup d'auditeurs.

Dans un cas comme dans l'autre, le voisinage des orifices d'affluence de l'air est désagréable, et quelque soin que l'on prenne d'y limiter la vitesse en leur donnant la plus grande étendue possible, il est rare qu'elle puisse être au-dessous de $0^m,40$ à $0^m,50$, et dès lors elle produit une sensation parfois incommode.

L'exemple même de la salle des Communes, en Angleterre, dont j'ai fait connaître la disposition ainsi que les inconvénients, où l'air arrive sous les pieds des membres de la Chambre et des auditeurs des tribunes, par plusieurs milliers de petits orifices, semble montrer que, malgré cette division en un grand nombre de filets, l'affluence de cet air était gênante, puisqu'il a fallu recouvrir ces orifices par un tapis de

crin étendu sur ce plancher et opposer ainsi à l'introduction de l'air une résistance considérable qu'il convient d'éviter. L'enquête citée a, en outre, signalé d'autres défauts de ce système.

L'expérience d'inconvénients analogues, a été récemment faite dans la salle d'assemblée du Sénat, comme je le ferai connaître plus loin dans une autre partie de ces études.

Il ne me semble donc pas convenable pour les amphithéâtres, plus que pour tout autre local du même genre, d'admettre l'air nouveau par le plancher, par les marches ou les contre-marches. Il faut, au contraire, ici comme ailleurs, le faire affluer le plus loin possible des auditeurs, et comme il peut être nécessaire souvent le même jour et d'un cours à un autre, de faire varier sa température dans certaines limites, il faut adopter des dispositions qui permettent de rendre le mélange d'air chaud et d'air froid aussi complet et aussi facile à modifier que possible, avant qu'il n'arrive au contact des auditeurs. C'est là, il faut le dire, la condition la plus délicate à bien remplir, et les amphithéâtres sont peut-être le cas où la difficulté se présente au plus haut degré.

Après y avoir beaucoup réfléchi et avoir observé bien des effets divers de l'introduction et de l'évacuation de l'air, voici la solution qui m'a paru la plus sûre et à laquelle je me suis arrêté pour les amphithéâtres du Conservatoire. Elle y est déjà appliquée pour l'un d'eux aussi complétement que les conditions locales ont pu le permettre, dans un bâtiment anciennement construit.

L'air vicié étant celui qu'il est nécessaire d'évacuer, il convient de l'empêcher de se répandre dans la salle, et par conséquent de l'extraire là même où il est vicié, c'est-à-dire le plus près possible des individus, par des orifices ménagés dans les contre-marches ou dans le derrière des marches, pour le faire passer au-dessous de l'amphithéâtre.

Ces orifices pouvant être très-multipliés et offrir, par conséquent, une surface totale très-grande, la vitesse d'appel y sera généralement assez faible; mais l'expérience prouve ce-

pendant qu'elle peut atteindre $0^m,75$ et même 1 mètre en une seconde, sans être sensible ni gênante à une distance de $0^m,25$ à $0^m,30$ seulement des orifices. Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que cet air extrait étant à la température même de la de la salle, son mouvement ne produit pas une impression aussi sensible qu'un courant plus chaud ou plus froid.

Le dessous des amphithéâtres doit être mis en communication avec une cheminée d'appel dans laquelle un foyer à feu nu sera placé au-dessus du sol pour activer le mouvement de l'air appelé de l'intérieur de l'amphithéâtre.

Des registres, disposés en des endroits facilement accessibles aux agents du service, permettront de régler, de modérer et même de faire cesser l'appel, selon les conditions variables de température et d'affluence du public, ou dans le cas où l'amphithéâtre est vide.

L'introduction de l'air nouveau présente deux phases principales et très-distinctes. Dans la première, qui précède l'arrivée du public, l'amphithéâtre doit être amené à une température modérée qui cependant peut être élevée à 18°. A ce moment, il est évident que l'appel de l'air de l'intérieur à l'extérieur, doit, en général, être complétement interrompu et, afin qu'il s'établisse dans toute la salle une température convenable, il paraît naturel d'admettre que l'air chaud sera alors introduit par des ouvertures communiquant avec les calorifères et débouchant dans le sol aux points les plus bas.

Dans la seconde période il faut, au contraire, peu de temps après l'entrée des auditeurs et suivant leur nombre plus ou moins grand, extraire une portion de l'air vicié et déjà plus ou moins échauffé et le remplacer par de l'air pur. Or, cet air frais serait, ainsi qu'on l'observe journellement, fort incommode si sa température était très-inférieure à celle de l'air intérieur, et surtout s'il affluait trop près des auditeurs.

De là résulte : 1° la nécessité d'introduire d'abord l'air nouveau dans une capacité que nous avons appelée chambre de mélange, où par l'affluence simultanée d'air chaud et d'air frais, en proportions que l'on puisse facilement régler, on se

réserve le moyen de n'admettre dans la salle que de l'air à une température convenable.

2° L'obligation non moins impérieuse de placer les orifices d'arrivée de cet air frais le plus loin possible des auditeurs, c'est-à-dire vers le plafond de l'amphithéâtre, si les dispositions locales le permettent, ou au moins à une certaine hauteur. Quelquefois, quand les amphithéâtres seront vastes et qu'il y aura d'un côté entre la table ou la chaire du professeur, et de l'autre entre les entrées du fond et les premiers bancs d'auditeurs un espace suffisant, l'on pourra ouvrir dans les parois verticales correspondantes des orifices d'admission. Mais en général, toutes les fois que la construction le permettra, il sera préférable de faire arriver cet air frais par le plafond ou par les corniches, au moyen d'orifices proportionnés, de manière que la vitesse moyenne n'excède pas $0^m,40$ à $0^m,50$ en $1''$.

Il est entendu, d'ailleurs, que l'été l'on devra prendre cet air dans des lieux où il sera le plus frais possible, sans cesser d'être pur, et du côté des bâtiments qui ne sont pas exposés à l'ardeur du soleil.

Il serait aussi fort convenable pour les amphithéâtres destinés à des cours du soir que des dispositions, faciles d'ailleurs à adopter, analogues à celles que j'indiquerai pour les théâtres et les salles de bal, fussent prises pour utiliser au profit de l'appel de l'air vicié, la chaleur incommode et les gaz développés par les appareils d'éclairage. Tout au moins faudrait-il, si l'on ne peut les utiliser, faire évacuer à l'extérieur ces gaz qui altèrent et échauffent l'air intérieur.

Les dispositions que nous venons d'indiquer seront d'ailleurs faciles et peu dispendieuses à réaliser, si l'architecte s'occupe de la ventilation et du chauffage en même temps que de la construction.

469. *Application des règles précédentes aux amphithéâtres du Conservatoire des arts et métiers.* — Au mois d'avril 1852, j'avais communiqué à l'Académie des sciences, dans sa

séance du 26 de ce mois, les résultats que j'avais obtenus à la suite de quelques améliorations introduites dans les appareils de ventilation du grand amphithéâtre du Conservatoire. A cette même époque j'avais constaté qu'à l'aide d'une action énergique d'un foyer et d'une cheminée d'appel on pouvait extraire de cet amphithéâtre jusqu'à 12000$^{m.c}$ d'air par heure, ce qui correspondait à 15 mètres cubes par auditeur, et que cette ventilation suffisait pour que la différence de température entre le bas et le haut de l'amphithéâtre n'excédât pas habituellement un à deux degrés.

Mais cette énergie de l'appel était dès lors difficile à maintenir, par suite de l'exiguïté et du petit nombre des orifices d'appel ainsi que des faibles dimensions des conduits et de la cheminée; elle exigeait un feu très-actif; les orifices de rentrée d'air nouveau n'étaient nullement suffisants et donnaient lieu l'hiver à des courants d'air froid très-désagréables, qui obligeaient à restreindre l'appel. Enfin, le petit amphithéâtre n'étant nullement ventilé, je dus m'occuper d'un travail d'ensemble comprenant le chauffage et la ventilation de ces deux amphithéâtres, afin d'en assurer la salubrité dans l'intérêt commun de MM. les professeurs et du public si nombreux qui suit les cours.

470. *Ventilation des amphithéâtres du Conservatoire des arts et métiers.* — Pour y parvenir j'ai cherché à appliquer, autant qu'il m'a été possible, les règles précédentes à ces amphithéâtres dont la ventilation, insuffisante pour le plus grand et nulle pour le plus petit, donnait lieu à des inconvénients assez graves.

La disposition des lieux offrait des difficultés qui n'existeraient pas pour des constructions nouvelles, et nous avons été obligés à prendre des dispositions moins simples que nous n'aurions voulu; mais cet exemple n'en sera peut-être que plus utile en ce qu'il montrera que l'on peut toujours, quand on le veut, améliorer un état de choses défectueux.

L'on sait que le Conservatoire a deux amphithéâtres : l'un

rectangulaire, ayant 210 mètres carrés de superficie horizontale, qui contient parfois plus de 700 auditeurs, ce qui correspond à 3.30 personnes par mètre carré; l'autre demi-circulaire, ayant 150 mètres carrés de superficie et ne recevant que 360 à 370 auditeurs, ce qui correspond à 2.40 auditeurs par mètre carré. Ils sont chauffés par des calorifères à l'air chaud, et celui du petit amphithéâtre dessert en outre la bibliothèque pendant le jour.

La disposition des bâtiments existants ne nous permettait pas de trouver place pour une cheminée d'appel particulière à chaque amphithéâtre dans son enceinte, et nous avons été conduits à établir au milieu de la cour une cheminée spéciale destinée à servir à l'évacuation de l'air vicié de tous les deux.

Cette cheminée, tronconique, a 18 mètres de hauteur, $2^{m},60$ de diamètre à sa base et $2^{m},10$ de diamètre à son sommet. Elle est entourée extérieurement par un fourneau recouvert d'un auvent pour le service des laboratoires, lorsqu'il y a des préparations infectantes à faire.

A sa base débouchent deux galeries de $2^{m},45$ de hauteur sur $1^{m},11$ de largeur, offrant une section de passage de $2^{m.q},593$ et qui sont en communication avec le dessous des gradins des amphithéâtres.

Des portes, dont on peut régler l'ouverture, sont placées vers cette origine, afin de permettre d'activer ou de modérer, selon les besoins, l'énergie des appels.

Une grille de $1^{m},22$ sur $1^{m},22$, ou $1^{m.q},502$ de surface, est placée à $1^{m},06$ de hauteur au-dessus du sol, à la base de la cheminée, et reçoit un feu de houille dont la chaleur détermine l'appel de l'air vicié et subsidiairement la rentrée de l'air pur.

Dans les parois verticales des gradins des amphithéâtres sont pratiquées des ouvertures grillées qui se trouvent immédiatement derrière les jambes des auditeurs. Si les amphithéâtres n'avaient pas été construits, j'aurais fait disposer ces parois un peu en retraite, par rapport au bord des bancs;

mais, pour éviter un remaniement trop grand, nous les avons laissées telles qu'elles étaient.

Ces orifices d'appel sont au nombre de 145 pour le petit amphithéâtre et offrent une section libre de $4^{m.q}$,6878, ce qui, à raison de 360 auditeurs, revient à $0^{m.q}$,013 par personne. Dans le grand amphithéâtre il y en a 68, offrant une section libre de $0^{m.q}$,00 718 par personne, en comptant sur 700 auditeurs. Il y aura lieu d'en augmenter le nombre, si la disposition des charpentes le permet.

471. *Chauffage et arrivée de l'air nouveau.* — En ce qui concerne le chauffage et l'arrivée de l'air nouveau, nous n'avons pu en 1862 compléter que l'installation des appareils du petit amphithéâtre et commencer seulement en partie celle du grand. Nous nous occuperons donc principalement du premier.

Le calorifère à air chaud a une surface de chauffage totale de $49^{m.q}$,51 et l'amphithéâtre une capacité de $1484^{m.c}$, ce qui correspond à 33^{m} q,4 par 1000 mètres cubes de capacité à chauffer et à ventiler. Mais il faut rappeler que ce calorifère doit aussi chauffer la bibliothèque.

La prise d'air du calorifère se fait dans la cour des amphithéâtres, et l'air extérieur arrive dans une chambre où il se partage en deux portions, dont l'une traverse cet appareil pour s'échauffer, et dont l'autre se mêle plus loin à la première, pour fournir à l'intérieur de l'amphithéâtre de l'air à une température convenable. Ce mélange s'opère et se varie, selon les besoins, au moyen de registres que manœuvre le chauffeur, d'après les indications des thermomètres placés à l'intérieur de l'amphithéâtre. Les dispositions dont nous venons de parler, sont relatives à l'air nouveau qui doit être introduit dans la partie inférieure de l'amphithéâtre, au pied et le long du mur de fond, parallèlement au plan du tableau, par des grilles placées à fleur du plancher. Je crois devoir dire à ce sujet que, si j'ai dérogé à la règle que j'ai posée précédemment de ne jamais faire déboucher l'air

à fleur du plancher, c'est que j'ai été arrêté par quelques difficultés locales et que ces grilles sont à une certaine distance du public. A l'aide de dispositions particulières, et surtout en ayant soin de ne faire arriver dans l'intérieur que de l'air à une température très-voisine de celle qu'on veut y conserver, l'on est parvenu à éviter presque entièrement les inconvénients que l'on pouvait craindre de ce mode d'introduction. Cependant, je n'engagerai pas à l'imiter, et il est probable que je modifierai cette disposition, en faisant affluer cet air à 3 ou 4 mètres au-dessus du sol, lorsqu'il s'agira de la ventilation de printemps ou d'été.

La plus grande partie de l'air nouveau nécessaire à l'assainissement de l'amphithéâtre est fournie par des orifices ménagés au-dessus de la corniche qui règne à la naissance de la voûte hémisphérique.

Ces orifices rectangulaires ont chacun un développement de $8^{m}.40$ sur $0^{m}.40$ de hauteur, et présentent ensemble une surface libre de $3^{m\cdot q}.18$, soit $0^{m\cdot q}.008$ par auditeur. Ils sont ouverts dans la paroi d'un canal en arc de cercle, composé de deux parties, construit dans le comble, en arrière de la voûte, concentriquement à la salle.

Sur la corniche et devant ces orifices, l'on a établi ultérieurement, et par des motifs dont je parlerai plus loin, une sorte de paravent de $0^{m}.55$ de hauteur, qui dirige l'air tangentiellement à la voûte, et l'empêche d'affluer directement vers les spectateurs.

Enfin, deux ouvertures circulaires de $0^{m}.95$ de diamètre, garnies de grilles et offrant une surface libre de $0^{m\cdot q}.7513$, sont pratiquées dans le tympan, auquel est limitée la voûte hémisphérique, et fournissent aussi de l'air nouveau, de sorte que la surface totale des orifices d'admission de l'air est égale à $3^{m\cdot q},93$, ce qui revient à $0^{m\cdot q},011$ par auditeur.

Ces deux derniers orifices, comme ceux de la corniche, sont alimentés par un mélange d'air chaud et d'air froid, obtenu et réglé de la manière suivante : l'air chaud est envoyé par le calorifère dans deux conduits rampants passant sous

les gradins aux deux extrémités de l'hémicycle; il débouche dans un conduit vertical pour gagner le conduit circulaire de distribution établi en arrière de la corniche, dans le sens duquel il est dirigé par une languette horizontale de 3 mètres de longueur environ. Presque directement au-dessus de ce conduit d'air chaud ascendant se trouve une cheminée d'introduction d'air extérieur débouchant au-dessus du toit, et par laquelle, sous l'action de l'appel, il se produit un courant descendant qui est dirigé par la même languette dont nous venons de parler, dans le conduit circulaire de distribution.

Il se développe ainsi deux courants verticaux, l'un ascendant et inférieur d'air chaud passant sous la languette, l'autre descendant d'air froid passant au-dessus de cette même languette. Ils arrivent dans le même sens dans le conduit de distribution, et quand ils sont parvenus à l'extrémité de la languette qui les séparait, le courant d'air chaud, plus léger, se mêle nécessairement au courant d'air froid. Ce dispositif me semble à la fois le plus simple et le plus sûr qu'il soit possible d'employer.

Des registres, disposés dans les deux conduits d'air chaud et d'air froid, permettent de varier la proportion du mélange, de manière à l'amener à la température convenable.

Pour éviter que les portes qui donnent accès au public, soit dans l'amphithéâtre même, soit dans l'enceinte réservée, n'y produisent, par leur ouverture ou par leur fermeture incomplète, des courants d'air désagréables, nous avons fait disposer dans le couloir circulaire d'arrivée du public deux bouches de chaleur qui y maintiennent une température peu inférieure à celle de l'amphithéâtre. De plus, entre les portes qui, de part et d'autre, conduisent dans l'enceinte réservée et au siége du professeur, deux autres bouches, venant aussi des calorifères, versent de l'air chaud dans le même but.

Tel est l'ensemble des dispositions prises pour le petit amphithéâtre. Elles ont été exécutées avec beaucoup de soin et d'intelligence par M. Guérin, ingénieur de la maison Léon

Duvoir-Leblanc, et nous ont fourni les résultats que nous allons faire connaître. Mais auparavant il peut être utile de parler de plusieurs observations qui nous ont conduits à des améliorations de détail qui ne sont pas sans importance, et surtout à régler la conduite des appareils.

472. *De la température qu'il convient de maintenir dans un amphithéâtre.* Au moment où l'on a commencé à faire fonctionner le chauffage et la ventilation, je croyais, d'après l'expérience ordinaire des lieux habités, qu'une température de 16 à 18° était celle qu'il convenait de maintenir dans un amphithéâtre rempli d'auditeurs, et les appareils furent conduits en conséquence. Je pensais aussi que, pour empêcher l'élévation de la température intérieure et compenser l'effet de la chaleur développée par les auditeurs et par les appareils d'éclairage, il fallait n'introduire dans la salle que de l'air à une température de quelques degrés inférieure à celle que l'on voulait y maintenir.

L'observation ne tarda à me faire reconnaître qu'il y avait là une double erreur, et qu'il n'en est pas d'un lieu abondamment ventilé comme d'un appartement qui ne l'est pas.

Toutes les fois que la température intérieure est descendue à 18° ou un peu au-dessous, MM. les Professeurs comme les auditeurs ont trouvé qu'il faisait trop frais, et nous sommes successivement arrivés à maintenir le plus habituellement cette température à 19 ou 20°, et même 21°, quel que fût le nombre des auditeurs.

Quant à l'air affluent, pour qu'il ne causât pas une sensation désagréable, il a fallu lui donner dans le bas une température presque égale à celle de l'intérieur, et dans le haut, au pourtour de la corniche, trois à quatre degrés de moins au plus.

Des observations analogues, faites au grand amphithéâtre et dans la salle de spectacle du Théâtre-Lyrique, ont même montré que dans un lieu bien ventilé on supporte très-bien et même volontiers une température de 22 à 23°, qui, sans ventilation, paraîtrait très-désagréable. J'ajouterai que dans

une séance d'expérimentation où je suis resté avec cinq autres observateurs pendant plus de quatre heures de suite dans la coupole du Théâtre-Lyrique, nous avons pu supporter, sans qu'aucun de nous en ait été incommodé, une température de 26° dans un air continuellement renouvelé.

473. *Dispositions prises pour l'arrivée de l'air nouveau.* — Une autre observation nous a montré d'une manière frappante la nécessité de faire arriver l'air nouveau aussi loin que possible des auditeurs. Dans les premiers jours de la mise en service des appareils, les orifices ouverts dans la voûte au-dessus de la corniche n'étaient pas masqués par un paravent, et l'air arrivait alors à peu près horizontalement ; l'appel l'attirait trop rapidement vers les orifices d'évacuation ouverts dans les gradins. J'avais prévu cet effet, mais, désireux de le bien constater, je n'avais pas voulu l'empêcher d'abord. Dès qu'il eut été reconnu qu'il était gênant, je fis établir le panneau ou paravent tel qu'il existe actuellement.

Enfin les deux ouvertures circulaires ménagées dans le tympan, quoique placées à près de 4 mètres au-dessus des gradins, donnent lieu à un courant d'air sensible, quoique faible. Il y aura lieu aussi de changer la direction de ce courant et de le dévier vers les parties supérieures à l'aide d'un paravent.

474. *Résultats d'observation.* — L'élévation de la température dans les amphithéâtres étant la principale cause du malaise qu'on y éprouve souvent, mon attention s'est d'abord portée sur la réglementation des températures. L'on y est parvenu très-promptement à l'aide des registres qui, pour chaque orifice d'arrivée de l'air nouveau, permettent de proportionner à volonté les volumes d'air chaud et d'air froid, en ouvrant plus ou moins la porte d'accès de l'air vicié dans les galeries d'appel, et enfin en activant le foyer de la cheminée d'évacuation, selon que la température extérieure était plus ou moins élevée.

Au bout de très-peu de jours, le chauffeur est devenu si familier avec la marche des appareils, que, quels qu'aient été le nombre des auditeurs et les températures extérieures, il est parvenu à renfermer les températures intérieures, dans le bas et dans le haut de l'amphithéâtre, entre les limites de 19, 20 et 21 degrés centigrades.

C'est ce que constate tous les jours et pour toutes les séances un registre d'observations dont je me borne à extraire les chiffres relatifs à une quizaine.

		DATES													
		DÉCEMBRE									JANVIER				
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	4	5	6	7	8	9
Nombre d'auditeurs...	1er cours...	206	207	80	315	250	158	215	188	216	82	240	»	275	92	295
	2e cours...	88	234	70	360	124	59	198	87	180	35	210	57	172	58	365
Température extérieure.....		0°	3	6	7	6	8	4	5	7	6	8	7	5	5	3
Température intérieure de l'amphithéâtre, en bas	1er cours...	20°	20°	20°	20°	20°	20°	18°	22°	21°	19°	21°	»	19°	19°	18°
	2e cours...	20°	20	20	19	21	19	20	20	20	20	20	19	20	18	18
Température intérieure de l'amphithéâtre, en haut	1er cours...	20°	20	20	205	21	20	20	20	20	19	21	»	19	20	20
	2e cours...	20°	20	20	20	21	20	20	20	20	19	20	20	20	19	19
Températures intérieures moyennes		20° 00	20° 00	20° 00	19° 75	20° 75	19° 75	19° 50	20° 50	20° 25	19° 25	20° 50	19° 50	19° 50	19° 00	18° 75
Température moyenne générale....		19°84														

L'on voit par ces résultats, qui d'ailleurs sont obtenus par un simple chauffeur intelligent et attentif, combien les dispositions adoptées permettent d'obtenir de régularité dans les températures intérieures.

L'on peut voir aussi par ce tableau que, pendant ces quinze jours de cours, la température extérieure a varié de 6 à 8°, le nombre des auditeurs de 35 à 365, ou de 1 à 10 dans le même local, et que cependant les températures intérieures ont pu être maintenues avec une régularité telle que la température moyenne générale ayant été de 19°,84, le plus grand écart de la température intérieure, par rapport à cette moyenne, n'a été en moins que de 1°,84, et ne s'est produit que le 22 décembre et le 9 janvier, ou trois fois sur 28 séances, et que le plus grand écart en plus n'a été que de 1°,25, et ne s'est produit que le 23 décembre, ou une seule fois sur 28 séances.

Ces observations, continuées pendant toute la durée des cours du semestre 1862-63, ont fourni des résultats aussi réguliers, dont il me semble inutile de multiplier la citation.

Un seul jour, le 10 avril, par une température extérieure de 16 degrés, le soir, le chauffeur ayant mal à propos pendant le jour, chauffé le calorifère pour la bibliothèque, ce qui était inutile, il est arrivé que le soir, dans cet amphithéâtre, qui était complètement plein et contenait 370 à 380 personnes, s'est élevée à 23 ou 24 degrés.

Il y a même cela de remarquable, que dès qu'on s'aperçoit qu'un surcroît accidentel d'auditeurs, ou toute autre cause, tend à élever la température au delà de 20 à 21°, un simple changement d'ouverture dans l'ouverture des registres suffit habituellement pour produire en 15 minutes un abaissement de température d'un degré, et revenir à la température normale fixée à 19 ou 20·

475. *Volumes d'air vicié évacués par heure et par auditeur.*— Les expériences exécutées le 10 janvier 1863, alors que la température extérieure était de 6° et la température inté-

rieure de 20° au petit amphithéâtre et de 19 à 20° au grand, ont montré qu'en maintenant au bas de la cheminée d'évacuation une température de 33° ou supérieure de 27° à la température extérieure, on pouvait faire évacuer par cette cheminée 26 043 mètres cubes d'air par heure, en tenant les portes des galeries partiellement ouvertes.

Sur ce volume total il venait du grand amphithéâtre.....	13 535 mètres cubes
Du petit amphithéâtre.....	12 508 id.
	26 043 mètres cubes

La vitesse moyenne de l'air vicié appelé des amphithéâtres était, dans la galerie venant du grand, égale à $1^{m},35$, dans celle du petit $1^{m},34$ en $1''$ et elles pourraient être très-facilement augmentées en donnant plus d'activité au foyer d'appel ou en ouvrant davantage les portes d'entrée de ces galeries.

L'évacuation de 12 508 mètres cubes d'air par heure du petit amphithéâtre alors qu'il y avait dans son enceinte, au premier cours, 123 auditeurs et au deuxième 141, soit en moyenne 132 auditeurs, correspond à une évacuation et à une introduction d'air nouveau de $94^{m\cdot c},76$ par heure et par auditeur. Il y a lieu de remarquer que cette ventilation excessive, mais assez uniformément répartie pour l'arrivée et pour la sortie n'était pas gênante pour les auditeurs. Ce qui montre jusqu'à quels volumes considérables on peut porter une ventilation bien réglée.

L'intérieur de l'amphithéâtre ne laissait percevoir aucune trace d'odeur sensible et même le courant d'air vicié extrait qui parcourt la galerie d'évacuation n'a produit aucune sensation perceptible.

Mais il n'en était pas de même, le même jour, de l'air extrait du grand amphithéâtre, dont le volume trouvé égal à 13 535 mètres cubes alors qu'il y avait, au premier cours, 460 auditeurs et au deuxième 629, soit en moyenne 550 au-

diteurs, correspondait à une ventilation de $24^{m \cdot c},43$ par heure et par auditeur. Quoique dans l'intérieur de l'amphithéâtre l'air parut sain et inodore, il n'en était pas de même de celui qui en était extrait et qui affluait vers la cheminée par le conduit d'évacuation. Il résulte de cette dernière observation que le volume de 25 mètres cubes par heure et par auditeur, paraît être une limite inférieure au-dessous de laquelle ne doit pas descendre la ventilation d'un amphithéâtre ou d'un local analogue destiné à contenir un public nombreux, compact et au repos.

L'on remarquera d'ailleurs que pour le petit amphithéâtre dont nous regardons l'installation comme à très-peu près complète, le volume de 12 508 mètres cubes d'air évacué le 10 janvier, correspond, même pour les séances les plus nombreuses où il y a eu jusqu'à 365 auditeurs, à $34^{m \cdot c},28$ par heure et par auditeur, et que ce volume pourrait être facilement augmenté par la seule ouverture de la porte d'appel et par l'accroissement d'activité du feu.

Je ferai connaître plus tard, lorsque les dispositions que je me propose de prendre pour le grand amphithéâtre auront pu y être complétées, les résultats définitifs qui auront été obtenus. Pour le moment je me bornerai à dire que nous sommes également parvenus à y maintenir une température à très-peu près constante, malgré les variations des températures extérieures et celles du nombre des auditeurs. J'en fournis ici pour preuve le relevé suivant des températures de 15 jours consécutifs, complétement conforme d'ailleurs à l'ensemble des résultats obtenus depuis le 4 novembre 1862 jusqu'à la fin d'avril 1863.

		DATES.													
		DÉCEMBRE.									JANVIER				
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	4	5	6	7	8	9
Nombres d'auditeurs..	1er cours...	530	550	342	315	466	387	480	480	345	278	374	590	460	540	460
	2e cours...	655	680	675	313	640	510	450	630	575	313	278	640	680	670	378
Température extérieure.....		0	3	6	7	6	8	4	5	7	6	8	7	5	5	3
Température intérieure de l'amphithéâtre en bas	1er cours...	20	20	20		20	20	18	22	21	18	21	19	18	19	18
	2e cours...	20	20	20	19	21	19	20	20	20	18	20	20	20	20	17
en haut	1er cours...	20	20	20	20,5	21	20	20	20	20	18	20	20	19	20	19
	2e cours...	20	20	20	20	21	20	20	20	20	19	20	20	20	21	18
Température moyenne générale....		19°,76														

Ce tableau montre que pendant les 15 jours qu'ont duré les observations, la température a varié de 0° à 8°, le nombre des auditeurs de 278 à 680 ou de 1 à 2,08 et que cependant les températures intérieures ont pu être maintenues avec une régularité telle que la moyenne générale de ces températures ayant été de 19°,76, les plus grands écarts de la température intérieure, par rapport à cette moyenne, ont été, une seule fois, de 2°,76 en moins et une fois seulement de 2°,84 en plus.

La continuation des mêmes observations a fourni des résultats analogues et au moins aussi réguliers; je crois superflu de les reproduire ici.

L'on voit donc avec quelle régularité, par les dispositions encore incomplètes qu'il nous a été possible d'exécuter en 1862, l'on parvient déjà à modérer les températures intérieures. Ce qui nous reste à faire est relatif aux arrivées d'air nouveau qu'il s'agit de rendre plus nombreuses, mieux réparties et surtout moins incommodes pour le public. Nous avons la certitude d'y parvenir facilement.

476. *Expérience du* 22 *février* 1863. — Une autre expérience, exécutée dans des conditions tout à fait exceptionnelles, a été faite le 22 février à l'occasion de la réunion de la Société de secours mutuels de Saint-François-Xavier, où se trouvaient environ 900 personnes dans le grand amphithéâtre, ce qui correspondait au chiffre excessif de 4,28 personnes par mètre carré.

Quoique les dispositions pour l'évacuation de l'air vicié et surtout celles qui doivent assurer l'introduction convenable de l'air nouveau ne soient pas encore complétées dans cet amphithéâtre, la température ne s'y est pas moins maintenue à un degré convenable. Voici en effet les chiffres qui ont été observés :

Température extérieure		3°
Température intérieure.	Au bas de l'amphithéâtre	22 à 22°,5
	Au milieu de l'amphithéâtre	24°
	Au haut de l'amphithéâtre	18 à 19°
	Dans le conduit d'évacuation de l'air vicié.	23°

L'admission de l'air nouveau ne pouvant, dans l'état actuel des choses, se faire, pour la plus grande partie, que par les portes des escaliers, il arrivait dans le haut de l'amphithéâtre de l'air relativement frais qui y maintenait la température observée de 18° à 19°.

La vraie température moyenne de cet amphithéâtre était celle de l'air évacué, prise dans la galerie d'appel à peu de distance de l'intérieur, et l'on voit qu'elle a été maintenue à 23° malgré l'affluence extraordinaire de 900 personnes, correspondant à 4,28 personnes par mètre carré.

Le volume d'air évacué par heure a été de 19556 mètres cubes ou de $21^{m.c},7$ par personne.

L'amphithéâtre était à très-peu près plein dès 6 heures et demie et la séance n'a fini qu'à 10 heures et demie; et les observations ont été faites de 9 heures à 10 heures. Ainsi pendant une durée de quatre heures une réunion aussi nombreuse et compacte a pu être maintenue dans une atmosphère d'air incessamment renouvelé à raison de $21^{m.c},7$ par personne et par heure, sans que la température ait excédé 23 à 24°.

Aussi les Frères de la doctrine chrétienne qui dirigent cette Société et ses réunions annuelles, pour lesquelles l'amphithéâtre est ordinairement mis à leur disposition, ont-ils été frappés de la différence de salubrité de la salle et quelques-uns même ont-ils trouvé qu'il y faisait trop frais.

477. *Expérience sur l'accroissement que l'on peut donner à la ventilation.* — Une expérience faite le 27 janvier 1863 en donnant au feu une grande activité, a montré aussi que, selon que l'on ouvrait plus ou moins les ouvertures d'accès d'air, non-seulement de l'amphithéâtre aux galeries, mais encore de l'extérieur à l'intérieur des amphithéâtres, le volume appelé par la cheminée pouvait être accru dans des proportions considérables.

L'on a opéré d'abord en laissant les introductions d'air extérieur fonctionner comme à l'ordinaire et les portes battantes

obéir naturellement à l'action de l'appel, puis on a ensuite répété l'expérience en ouvrant complétement toutes les portes du haut et du bas des amphithéâtres, pour donner à l'air extérieur toute facilité d'accès.

La température extérieure était de 13 à 14°.

Celle de l'air affluent du grand amphithéâtre de 14° quand les portes étaient battantes et celle du petit de 18 à 19°.

Les résultats obtenus sont les suivants :

VOLUMES D'AIR ÉVACUÉS PAR LA CHEMINÉE DE VENTILATION DES AMPHITHÉATRES DU CONSERVATOIRE, LE 27 JANVIER 1863.

DÉSIGNATION DES AMPHITHÉATRES.	NOMBRE de places.	ÉTAT des orifices d'admission.	VOLUMES D'AIR évacués par heure		VITESSES de l'air dans les galeries.
			total.	par heure.	
			m.c.	m.c.	m.
Grand amphithéâtre.	700	Portes battantes	16325	23,32	1,745
		Portes ouvertes	19692	28,13	2,110
Petit amphithéâtre...	360	Portes battantes	11675	32,77	1,240
		Portes ouvertes	15803	43,89	1,693

Ces nombres montrent que la cheminée générale d'évacuation a pu débiter, quand les arrivées d'air étaient complétement libres, jusqu'à

$$19\,692^{m.c} + 15\,803^{m.c} = 35\,495^{m.c} \text{ d'air en 1 heure,}$$

quantité qui suffirait pour une ventilation de 30 mètres cubes par heure à un auditoire de près de 1200 personnes.

La section supérieure de la cheminée étant de $3^{m.q},46$, le volume de 35 495 mètres cubes à l'heure correspond à $9^{m.c},86$ en 1″ et à une vitesse d'évacuation de $2^{m},84$ en 1″.

478. *Observation sur les avantages des dispositions employées au point de vue de la salubrité du chauffage.* — Le mélange de l'air chaud fourni par le calorifère, en proportions variables

à volonté avec l'air frais pris à l'extérieur, permet de n'introduire dans les salles pour le chauffage que de l'air, à une température très-modérée et fait, par conséquent, disparaître l'un des principaux inconvénients que l'on reproche à tous les calorifères à air chaud employés jusqu'à ce jour.

D'une autre part, l'aspiration énergique exercée par la cheminée d'appel tend à augmenter très-notablement la distance à laquelle l'air chaud de ces calorifères pourrait arriver, ce qui diminue encore un autre inconvénient de ce genre d'appareils.

479. *Volume d'air évacué par kilogramme de charbon brûlé et dépense générale.* — Le service de la ventilation commencé le 5 novembre 1862, a fonctionné, sans discontinuité, jusqu'au 30 avril, et les jours où il n'y a pas eu de cours ont été compensés par plusieurs séances de sociétés de secours mutuels, auxquelles le grand amphithéâtre a été prêté. Il y a donc eu environ 171 jours de service pendant lesquels on a consommé dans la cheminée d'appel 11500 kilogrammes de charbon ou 67 kilogrammes par jour en moyenne.

Chaque jour la ventilation a marché au moins pendant 4 heures*, et la consommation peut être estimée à $\frac{67}{4} = 16^{kil},75$ par heure pour une évacuation moyenne de 26043 mètres cubes par heure.

La consommation d'un kilogramme de charbon a donc correspondu à une évacuation de $\frac{26043^{m.c}}{14,15} = 1555^{m.c}$ d'air vicié.

Le chauffage des deux amphithéâtres et de l'air introduit, ainsi que celui de la bibliothèque qui est fait par le calorifère

* Le calorifère de ces amphithéâtres chauffant aussi la bibliothèque pendant le jour, il en résulte que l'amphithéâtre serait trop chaud à l'arrivée du public et qu'on est obligé de le ventiler au moins une demi-heure à l'avance.

du petit amphithéâtre, ont exigé une consommation de 71 000 kilogrammes pour les 171 jours, ou de $\frac{71\,000}{171} =$ $415^{kil},2$ par jour.

La consommation totale de charbon pour le chauffage et et la ventilation des amphithéâtres, y compris le chauffage de la bibliothèque, a donc été de 82 500 kilogrammes, lesquels à 48 francs les 1000 kilogrammes, ont coûté 3960 francs pour 171 jours, ou $23^{f},21$ par jour; ce qui, à raison de quatre séances dans un même jour, dont deux à chaque amphithéâtre, ne correspond qu'à une dépense de $5^{f},80$ par séance non compris le salaire du chauffeur qui est de 6 francs par jour, et l'entretien des appareils, mais y compris le chauffage de la bibliothèque.

Il faut observer d'ailleurs, que le service des amphithéâtres ne dure que 4 heures sur 24 et que, par conséquent. la cheminée et les amphithéâtres, malgré les précautions prises, se refroidissent beaucoup pendant les vingt heures d'interruption.

Il y a lieu cependant de faire remarquer que l'hiver de 1862-63 a été singulièrement doux, ce qui a diminué d'une part la consommation de combustible pour le chauffage qui est la plus importante, et de l'autre a augmenté celle qui était nécessaire pour l'évacuation de l'air vicié, laquelle est toujours d'autant plus active quand l'air extérieur est plus froid par rapport à l'air intérieur.

480. *Quantité de chaleur utilisée pour la ventilation par kilogramme de houille brûlée.* — L'air vient des amphithéâtres où la température moyenne est d'environ 20°, il acquiert dans la cheminée une température qui a été trouvée le 10 janvier égale à 33° à 7 mètres de hauteur. Sa température s'est donc accrue de 13°.

Sa densité dans les galeries d'évacuation est de $1^{kil},209$ à 20°.

La quantité de chaleur qu'il absorbe est donc égale à

$$1555^{m \cdot c} \times 1^{kil},209 \times 13^{0} \times 0.237 = 5781 \text{ calories.}$$

Ainsi, d'après le résultat d'un service de six mois environ, dans lequel la ventilation se faisait d'une manière intermittente et, par conséquent, défavorable au point de vue de l'utilisation de la chaleur, l'on a cependant utilisé 5781 unités de chaleur par kilogramme de charbon brûlé ou $\frac{5781}{7050} =$ 0,82 de la chaleur totale développé par le combustible.

481. *Dépense occasionnée par la ventilation.* — Puisque, d'après les expériences précédentes, le volume d'air dont l'évacuation a été déterminée par la cheminée s'est élevé à 1555 mètres cubes par kilogramme de charbon brûlé, l'évacuation de 1000 mètres cubes n'exigerait que la consommation de $\frac{1000}{1555} = 0^{kil},643$.

Or en admettant même que, dans un service continu la consommation de combustible ne soit pas notablement moindre que celle que nous avons observée, il résulterait de ces premières données qu'une ventilation annuelle de 1 mètre cube par heure, correspondante par conséquent à $24 \times 365 = 8760$ mètres cubes d'air évacué, n'exigerait que $\frac{8760}{1000} \times 0^{k},643 = 5^{k},633$ de charbon qui, au prix de 43 francs les 1000 kilogrammes*, coûteraient

$$5^{kil},633 \times 0,043 = 0,24.$$

Ce résultat justifie complétement le principe que j'ai énoncé précédemment à l'occasion d'autres recherches analogues à savoir : que dans tous les systèmes de ventilation la chaleur ou le combustible qui la développe étant la cause des effets

* Nous adoptons ici le prix de 43 francs les 1000 kilogrammes de houille pour rester dans les termes de comparaisons faites à l'occasion des hôpitaux.

obtenus, le système qui emploie le plus directement cette chaleur doit être le plus économique.

Des salles d'assemblée.

482. Les salles de réunion des assemblées délibérantes sont généralement établies en amphithéâtre, et par conséquent les dispositions générales doivent y être les mêmes que dans le cas précédent. Mais les difficultés sont moins grandes parce que le nombre de personnes qui y assistent est plus constant, qu'il est alloué à chacune beaucoup plus d'espace, et que les séances sont plus longues, ce qui permet d'obtenir plus de régularité.

L'évacuation et la rentrée de l'air devront se faire d'une manière analogue, mais on observera que cette dernière partie importante de l'assainissement est singulièrement favorisée par les entrées et les sorties fréquentes des membres des assemblées et par l'ouverture des portes qui débouchent dans de vastes locaux ou dépendances dont la température est toujours modérée. Des expériences faites par M. Leblanc à l'ancienne Chambre des députés et rapportées par M. Péclet (3e vol., page 27, n° 2008), ont montré, en effet, que. tandis que les appareils de chauffage placés dans les caves ne fournissaient que 4400 mètres cubes par heure, il en sortait 11 000 mètres cubes par les cheminées d'appel.

Si, comme au Parlement anglais, qui tient ses séances le soir et assez avant dans la nuit, et comme on l'a récemment essayé au palais du Corps législatif, la salle est éclairée par une voûte transparente en verre, au delà de laquelle brûlent un grand nombre de becs de gaz, il conviendra d'utiliser la chaleur considérable qui est alors développée, pour activer l'appel, et parfois elle suffira seule à lui donner une grand énergie.

Dans le cas, par exemple, où l'on emploierait, dans cette espèce de voûte céleste, comme on vient de le faire au palais du Corps législatif, environ 834 becs de gaz, consommant

chacun $0^{m \cdot c},100$ par heure, ou ensemble $83^{m \cdot c},4$ de gaz à l'heure, et si les dispositions de la ventilation étaient assez bien prises pour que, malgré la température élevée développée au-dessus des becs, on produisît, ce qui nous paraît probable, l'évacuation de 500 mètres cubes d'air par mètre cube de gaz brûlé (*), on pourrait, avec l'action seule de cette chaleur auxiliaire, obtenir l'évacuation de

$$83,4 \times 500 = 41\,700 \text{ mètres cubes d'air vicié,}$$

ce qui, dans le cas très-exceptionnel où la salle contiendrait 1000 personnes, correspondrait à une ventilation de plus de 40 mètres cubes d'air par heure et par personne.

Ajoutons qu'au prix de $0^{f},30$ par mètre cube, les $83^{m \cdot c},4$ de gaz ne coûteraient que 25 francs par heure, pour obtenir à la fois l'éclairage et la ventilation.

Mais en France, les séances du soir n'étant qu'accidentelles, on ne peut compter sur ce moyen d'activer les appels d'air vicié, et il est plus économique d'employer la chaleur développée par la houille.

483. *Observation sur la disposition de la ventilation dans la Chambre actuelle des Députés.* — Dans le dispositif adopté pour cette salle d'assemblée, l'air nouveau doit affluer dans la paroi verticale des gradins, sous les banquettes dont chacune est destinée à trois députés.

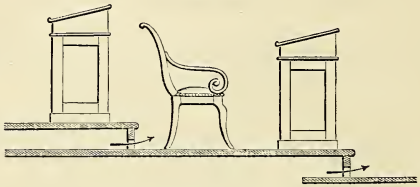
Cette disposition est vicieuse, et si les membres de l'assemblée ne s'en plaignent pas, c'est que leur petit nombre par rapport à la capacité de la salle, et surtout les entrées d'air abondantes qui se font sans cesse par les ouvertures des portes, empêchent l'introduction d'air sous les gradins d'être considérable.

484. *Palais du Sénat.* — La salle actuelle des séances du

* Voir les expériences sur les effets de ventilation produits par les appareils d'éclairage.

Sénat est celle de l'ancienne Chambre des Pairs, et les dispositions prises, il y a quelques années, pour la ventilation subsistent encore, mais elles ne sont plus en usage. Les inconvénients, que j'ai signalés à diverses reprises, de l'arrivée de l'air par les gradins en arrière des fauteuils des membres de l'assemblée, se sont fait sentir de telle sorte que la ventilation ne fonctionne plus.

Fig. 51.



L'air affluait par des ouvertures allongées, disposées concentriquement et de $0^{m},015$ seulement de hauteur moyenne. Le développement total de ces ouvertures est d'environ 140 mètres, ce qui donne une surface libre de $2^{m.q},10$. Le volume d'air que le dernier entrepreneur du chauffage et de la ventilation devait fournir étant de 8000 mètres cubes au plus, cela correspondait à une vitesse moyenne d'arrivée de l'air égale à $1^{m},01$ environ.

Quoique cette vitesse fut fort modérée et que les orifices fussent à la distance de $0^{m},70$ au moins des jambes des membres de l'assemblée, un grand nombre d'entre eux se sont plaints, tantôt que le courant d'air était trop chaud, tantôt qu'il était trop froid; ce qui pouvait être alternativement vrai, si cet air était dans le premier cas à 40 ou 50° au-dessus de zéro, et dans le second à 5 ou 6° au-dessous de celui de la salle.

Par suite de ces critiques, qui justifient ce que j'ai dit déjà des inconvénients des arrivées d'air voisines des personnes, on a supprimé l'action de ces orifices d'accès.

Quant à l'extraction de l'air vicié, elle se faisait par deux

orifices d'un mètre carré chacun, placés dans la salle devant les deux portes latérales d'entrée. Or, outre l'inconvénient de n'avoir que deux orifices d'évacuation, ce qui tendait à faire converger vers ces deux points tout l'air vicié de la salle, la proximité des portes, incessamment ouvertes, devait troubler l'évacuation de cet air, parce que l'appel était alimenté par celui que les portes fournissaient.

Au surplus, ces orifices d'appel ont été fermés, ainsi que ceux d'arrivée de l'air, et actuellement la salle des séances du Sénat n'est nullement ventilée, aussi la température y est-elle souvent supérieure à 20° sans renouvellement de l'air. La grande capacité, par rapport au nombre des membres, les ouvertures continuelles des portes diminuent les inconvénients de cette absence totale de ventilation.

Les dispositions générales indiquées précédemment pour la ventilation des amphithéâtres me paraissent les plus convenables à appliquer dans le cas actuel. L'appel de l'air vicié par les orifices percés dans les gradins, sous la tribune et sous le bureau du président, l'arrivée de l'air nouveau, chaud ou frais, par les parties supérieures de la salle, en filets minces, par des orifices offrant la plus grande surface totale possible, telles sont les indications que je crois les plus sûres à donner.

Des églises.

485. La grande capacité des églises, l'ouverture incessante des portes, l'étendue des fenêtres en vitraux, toujours assez mal closes, les ouvertures pratiquées dans les voûtes pour la suspension des lustres, des draperies, et pour le mouvement des cloches, paraissent, en général, rendre superflue l'adoption de dispositions spéciales pour l'admission et l'évacuation de l'air, et réduisent la question à celle du chauffage.

Tel est aussi l'avis de M. Péclet (page 178, 3e édition). Cependant il admet, avec raison, je crois, que les appareils doivent être disposés de manière que l'air qui vient se chauffer

dans le calorifère puisse à volonté être pris dans l'église ou en dehors. Mais dans le service habituel de tous les appareils de chauffage et de ventilation, il y a presque toujours tant de négligence, que, la plupart du temps, je préférerais assurer l'arrivée de l'air nouveau, en le faisant affluer d'une manière permanente de l'extérieur par les appareils de chauffage.

Le chauffage par circulation d'eau chaude ou à l'aide de calorifères à air chaud, sont les deux moyens admis par M. Peclet ; mais il faut qu'ils soient accompagnés de la chambre de mélange de l'air, indispensable pour modérer la température. Quant aux appareils à vapeur, cet auteur reconnaît (p. 178, 3e édition, 3e volume) qu'ils exigent une surveillance particulière de la part du chauffeur. Aussi, dit-il, ils ne sont jamais employés.

Je partage son opinion quant à ces derniers, mais tout en reconnaissant qu'on peut employer utilement dans beaucoup de cas les calorifères à air chaud, moyennant l'addition d'une chambre à air, il me semble, d'après les observations faites par la commission chargée de recevoir les appareils de chauffage et de ventilation établis à Saint-Roch par M. Grouvelle, qu'il y a lieu de préférer pour les églises l'emploi des appareils de circulation d'eau chaude, réduits d'ailleurs presque partout à de simples tuyaux.

En effet, le principal motif qui peut faire préférer l'emploi des calorifères à air chaud, c'est la facilité qu'ils présentent pour faire varier et pour activer rapidement au besoin les effets calorifiques ; tandis que les appareils de circulation d'eau chaude, par suite de la grande densité du liquide qui sert de véhicule à la chaleur, se prêtent moins, d'après ce que l'on sait généralement, à de semblables variations et conservent, après les heures du service, une quantité considérable de chaleur qui, à ce que pensent quelques ingénieurs, se dissipe en pure perte d'un jour à l'autre.

Cette objection que M. Péclet paraît admettre (p. 72, 3e volume, 3e édition) en disant « que la permanence d'effet des calorifères à eau chaude, que nombre de personnes ont re-

gardés comme un avantage, n'est réellement qu'un inconvénient qui existe dans tous les cas » n'est cependant pas aussi sérieuse qu'on pourrait le croire.

En effet, c'est principalement au chauffage des églises où le service divin n'a lieu qu'à certaines heures et presque jamais la nuit qu'elle s'appliquerait; or il résulte des observations de la Commission, que nous avons citées plus haut, et qui sont rapportées par M. Péclet lui-même, qu'en chauffant d'abord avec continuité jour et nuit, pour amener la température intérieure à un degré convenable et en soutenant ensuite la température par un chauffage intermittent, conduit de manière à l'empêcher de s'abaisser de plus de 2 à 3°, on obtient avec économie une régularité suffisante dans les températures.

Les résultats obtenus depuis près de 20 ans à l'église de la Madeleine, dont la capacité est d'environ 50 000 mètres cubes, sont constatés par M. Péclet en ces termes (p. 161, 3e édition, 3e volume): « Le chauffage a lieu à l'eau chaude sous une pression limitée à 2 atmosphères par une soupape de sûreté. M. Duvoir Leblanc s'est engagé à maintenir une température de 12°,5 dans l'église et de 18° dans quelques pièces, moyennant une somme de 15 francs par jour de chauffage (à une époque où la houille valait 4 fr. 30 cent. les 100 kilog.) y compris le salaire du chauffeur. Sous le rapport de la température à maintenir dans l'église, les conditions du marché paraissent être remplies; je m'en suis assuré dans une visite que j'y ai faite et j'ai constaté ce fait important que la température était sensiblement la même dans toutes les parties basses de l'église et que dans les tribunes élevées la température dépasse à peine de 1° celle du niveau du sol. »

Depuis l'époque où M. Péclet écrivait, le marché de M. L. Duvoir a été renouvelé dans des conditions à peu près analogues, eu égard à l'augmentation du prix de la houille; ce qui prouve qu'il est également avantageux pour les deux parties.

Sans avoir encore à ma disposition des renseignements

assez complets pour me former une opinion bien arrêtée, je crois que le chauffage des grandes églises à l'eau chaude doit être au moins aussi économique que celui que l'on peut obtenir avec des calorifères à air chaud. J'en ai donné les motifs dans le chapitre particulier relatif aux appareils de chauffage.

Quant à la disposition générale des conduits d'arrivée et de répartition de l'air dans les églises, celles qui ont été adoptées à la Madeleine par M. Duvoir-Leblanc, à Saint-Roch par M. Grouvelle, me semblent également convenables.

Un conduit central selon l'axe de l'église, dans lequel circulent le tuyau incliné d'ascension de l'eau chaude et le tuyau de retour, ou un double conduit latéral, où se produit une circulation analogue, servent à amener et à échauffer l'air extérieur. Sur les tuyaux d'eau chaude, des renflements placés de distance en distance et au-dessus desquels sont des grilles pour permettre à l'air échauffé de se répandre dans l'église suffisent. Mais, afin de régulariser la répartition de l'air chaud, il importe d'établir dans les conduits parcourus par l'eau chaude des cloisons au delà de chaque grille d'issue et de faire arriver l'air nouveau à échauffer dans chacune des parties des conduits principaux par d'autres conduits latéraux spéciaux.

Au moyen de ces indications générales et avec de bonnes proportions, on peut chauffer convenablement les églises et y renouveler l'air d'une manière suffisante. L'ouverture si fréquente des portes et les nombreux orifices que présentent les fenêtres et les voûtes y assureront la circulation de l'air.

Pour les cathédrales où, lors des grandes cérémonies publiques, il se réunit parfois un nombre considérable de personnes, il importe de prévoir le cas où il serait nécessaire d'assurer l'entrée et l'évacuation de volumes d'air exceptionnels. L'ouverture d'un grand nombre de fenêtres dans les parties basses et surtout dans les parties hautes, et l'attention de ne pas gêner la circulation de l'air par de trop nombreuses draperies, suffiront presque toujours pour ces cas anormaux.

Du chauffage et de la ventilation des salles de spectacle.

486. La ventilation des salles de spectacle présente des difficultés particulières et nombreuses qui tiennent non-seulement à la disposition générale des lieux, mais surtout aux conditions si variables des saisons et de l'affluence du public.

Le savant Darcet, à qui la science et l'hygiène publique doivent tant de travaux utiles, et dont le dévouement persévérant méritait, même pour ses tentatives parfois infructueuses, plus de reconnaissance qu'il ne lui en a été accordé, avait le premier entrevu une solution de la question. Il avait proposé d'utiliser la chaleur, jusqu'alors seulement incommode, du lustre, pour produire l'évacuation de l'air vicié, et subsidiairement des rentrées d'air nouveau, qu'il faisait affluer par des doubles fonds ménagés sous le plancher de chaque étage de loges.

Mais cette solution, rationnelle quant à son principe, n'avait pas réussi, tant par suite d'une évaluation trop restreinte des volumes d'air nécessaires à une ventilation suffisamment salubre que par un emploi trop direct et trop immédiat de la chaleur du lustre.

Il était donc nécessaire de reprendre la question dans son entier et de la poser dans toute sa généralité. C'est ce qu'a fait en 1861 une commission * présidée par M. Dumas et dont j'ai eu l'honneur d'être le rapporteur.

Les discussions et les expériences faites pour élucider certains points de la question pouvant, malgré les conséquences négatives auxquelles elles ont souvent conduit, jeter du jour sur la question, je reproduirai ici à peu près dans son entier le travail de la commission, en y ajoutant des indications sur les proportions à suivre dans l'établissement des appareils et quelques dispositions que l'observation, ainsi que de nou-

* Cette commission était composée de MM. Dumas, membre de l'Institut, président; Chaix d'Est-Ange, procureur-général près la Cour d'appel; Pelouze, Rayer, Gilbert, Caristie, membres de l'Institut; Baltard, architecte; Grassi, pharmacien; général Morin, membre de l'Institut, rapporteur.

velles études m'ont fait regarder comme préférables à celles que nous avions admises pour les deux théâtres alors et déjà en construction sur la place du Châtelet.

Je ferai ensuite connaître les résultats des expériences que j'ai pu exécuter dans ces théâtres, ainsi que l'effet des modifications que l'on a fait subir aux projets d'abord approuvés.

487. *Indépendance et solidarité du chauffage et de la ventilation.*— Le chauffage et la ventilation d'une salle de spectacle sont deux effets distincts, mais également importants à obtenir, dont il est essentiel de bien établir les rapports, afin de coordonner convenablement les appareils à l'aide desquels on veut les produire. Il doit, en effet, exister entre ces deux parties d'une question si intéressante pour le public qui fréquente les théâtres, des relations variables avec les saisons et la température, sur lesquelles il est nécessaire de fixer les idées, avant d'entrer dans l'examen des conditions spéciales à chacune d'elles.

488. *Le chauffage précède la ventilation.* — Il est d'abord évident que les appareils de chauffage doivent être mis en activité avant que le public ne soit introduit dans la salle, afin qu'en entrant il la trouve à une température convenable; et, d'une autre part, il n'est pas moins clair que, tant que la salle est vide, il serait complétement inutile d'y produire une circulation, un renouvellement de l'air qu'elle contient, ce qui occasionnerait, sans aucun avantage, une déperdition de chaleur.

Dès lors, dans cette première période, les appareils de chauffage ne devant avoir à produire d'autre effet que d'amener la température intérieure de la salle au degré qu'il convient de lui faire acquérir avant l'entrée du public, il y a lieu de les proportionner principalement pour que ce résultat soit obtenu aussi promptement et aussi économiquement que possible; ce qui permet :

1° D'élever alors la température de l'air qu'ils versent dans

la salle à un degré qui serait inadmissible, ou tout au moins incommode, quand le public y serait entré ;

2° D'amener le plus directement possible, et sans le faire circuler inutilement par les conduits de ventilation, cet air chauffé dans l'intérieur du théâtre et de la salle, sauf à fermer ces orifices spéciaux de chauffage un peu avant l'ouverture de cette salle.

Cette dernière disposition, qui accélérerait beaucoup le chauffage de la salle, aurait en outre l'avantage de ne pas échauffer inutilement les conduits de ventilation, dont il importe au contraire de modérer la température, afin de ne pas transformer les loges en étuves inhabitables.

Nous reviendrons sur les dispositions à prendre à ce sujet, quand nous parlerons des appareils mêmes de chauffage.

Il convient d'ailleurs de faire remarquer que la scène étant occupée pendant une partie de la journée pour les répétitions, il importe beaucoup alors de s'opposer au refroidissement de la salle, et qu'il est même nécessaire de chauffer la scène et ses dépendances.

439. *Chauffage pendant la présence du public.* — A partir du moment où le public a été introduit dans la salle, le chauffage doit être immédiatement modifié et la ventilation doit commencer à agir ; mais ces changements ne peuvent se faire que graduellement.

Dans la saison d'hiver et s'il fait très-froid, l'air de ventilation devant être à une température beaucoup plus basse que celui qui a servi au chauffage de la salle, et, d'une autre part, la température des appareils de chauffage ne pouvant être abaissée aussi rapidement qu'il serait nécessaire pour diminuer convenablement celle de l'air qui les traverse, il pourra convenir, dès que la ventilation doit commencer, de faire de l'air chaud fourni par les calorifères deux parts distinctes. La première continuera de déboucher dans la chambre à air et se mêlera avec de l'air extérieur, selon les variations de la

température, en proportions telles que l'air nouveau de ventilation arrive au volume et à la température convenables dans la salle.

Des ouvertures devront, en conséquence, être ménagées dans les prises d'air extérieures pour introduire directement à volonté, dans la chambre à air ou de mélange, la quantité d'air frais que les circonstances rendront nécessaires. Ces mêmes ouvertures serviront, l'été, à fournir une partie de l'air de ventilation qui, dans cette saison, ne devra jamais traverser les calorifères, dans lesquels il éprouverait des résistances inutiles et occasionnerait des altérations.

Pendant l'hiver, on devra prendre des dispositions telles que la seconde partie de l'air chaud devenue surabondante pour la ventilation, et dont il importe de tirer cependant parti, puisse, au moyen de registres convenablement disposés, être conduite dans les cheminées principales d'appel, dont elle activera le tirage en élevant la température de l'air que ces cheminées servent à évacuer. Mais il est bon, dès à présent, de faire remarquer que ce qu'il importe de faire arriver à cet effet dans la cheminée d'appel, c'est de la chaleur et non de l'air, qui y occuperait un volume qu'il convient de réserver à l'air appelé. Par conséquent, les passages de l'air chaud, livrés par le calorifère à la cheminée d'appel, devront être aussi restreints que possible, afin d'augmenter sa température en diminuant son volume. Enfin, on devra se réserver le moyen de faire, dans certains cas, qu'il est bon de prévoir, évacuer une partie de cet air chaud au dehors ou dans les vestibules intérieurs, escaliers, etc,

490. *Introduction de l'air pendant l'été.* — Pendant l'été, où la température élevée de l'air extérieur exigera, pour maintenir celle de l'intérieur à un degré convenable, un volume d'air de ventilation beaucoup plus grand que l'hiver, il conviendra, d'une part, de ménager à l'air des orifices d'introduction auxiliaires, prenant l'air à chaque étage et le

versant par l'action de l'appel dans les conduits principaux d'affluence destinés au service d'hiver. Ces orifices auxiliaires devront être disposés de manière à avoir des communications aussi directes que possible avec les doubles fonds d'introduction de l'air dans les salles ; d'autre part, c'est dans la saison d'été qu'il faudra utiliser, pour activer l'appel de l'air, tous les moyens dont on pourra disposer.

491. *Du volume d'air nécessaire à la ventilation des salles de spectacle.* — Le nombre considérable de personnes qui peuvent être réunies dans une salle de spectacle s'oppose à ce que la quantité d'air qu'il est possible d'affecter à la ventilation soit aussi élevée qu'on pourrait le désirer. 30 à 40 mètres cubes d'air par heure et par auditeur conduisaient déjà à un chiffre total de 51000 à 68000 mètres cubes pour le Théâtre-Lyrique, et à 90000 et 120000 mètres cubes pour le théâtre du Cirque, et l'on conçoit de suite la difficulté d'assurer le renouvellement régulier d'un aussi grand volume d'air; aussi, dès l'origine de ses discussions, la Commission a-t-elle admis qu'elle se regardait comme forcée à limiter le volume d'air à introduire par heure et par individu à 30 mètres cubes ; mais elle n'en a pas moins exprimé l'opinion qu'un volume beaucoup plus considérable serait nécessaire pour obtenir une bonne ventilation. Pour ma part, je pense que ce volume ne devrait pas être inférieur à 60 mètres cubes par heure et par spectateur et je crois possible de l'obtenir par les moyens que j'indiquerai, sans qu'il en résulte des courants d'air gênants.

L'expérience a, en effet, montré qu'au Théâtre-Lyrique, alors qu'il y avait un peu plus de 1000 spectateurs, une ventilation de 68 mètres cubes par heure et par spectateur n'avait rien d'exagéré.

492. *Observations sur l'influence des spectateurs sur la température.* — Avant d'aller plus loin, il est utile d'appeler l'attention sur les résultats des observations faites par un grand nombre de chimistes, sur la chaleur développée par l'homme dans l'acte de la respiration.

M. Thénard (4e volume, page 563 et suivantes), après avoir relaté les résultats généraux des expériences de Lavoisier et de Laplace, et analysé celle de M. Despretz sur les sources de la chaleur dans l'économie animale, dit que « dans les poumons d'un homme il se produit chaque jour, par le seul effet de de la respiration, une quantité de calorique capable de faire passer $38^{kil},118$ d'eau de 0^0 à 75 degrés, soit 2858, 85 calories en 24 heures, ou 119, 13 calories par heure. »

Or, la capacité de l'air pour la chaleur étant les 0,237 de celle de l'eau, et un mètre cube d'air à 0^0 pesant $1^{kil},299$ sous la pression de $0^m,76$ de mercure, il s'ensuit que, pour s'élever d'un degré, un mètre cube d'air absorbe $0,237 \times 1,299 = 0,308$ calories; donc, puisqu'un homme développe par heure 119,13 calories, il en résulte aussi que, par le seul effet de la respiration, il pourrait élever de 1 degré $\frac{119,13}{0,308} = 387^{mc}$ d'air ou $38^{mc},7$ de 10 degrés.

Des expériences plus récentes, et dont les résultats concordent à peu près avec les précédents, portent à admettre que, dans l'acte de la respiration, l'homme expire 38 grammes d'acide carbonique et aspire 33 grammes d'oxygène.

Or il suffit de 28 grammes d'oxygène pour brûler les $10^{gr},37$ de carbone que contiennent les 38 grammes d'acide carbonique, et on admet que les 5 grammes restant se combinent avec $0^{gr},6$ d'hydrogène que dégagerait le poumon.

Il s'ensuivrait donc que, dans 24 heures, il est brûlé dans le poumon de l'homme 240 grammes de carbone et 15 grammes d'hydrogène.

Les 240 grammes de carbone développent en brûlant.....	1940 calories.
Les 15 grammes d'hydrogène..	518 —
	2458 calories.

Total des unités de chaleur développées par un homme en 24 heures : 2458 calories, ou par heure 102 calories.

Mais, puisque dans cette estimation l'on admet qu'il y a de l'hydrogène brûlé ou de l'eau formée qui s'échappe à l'état de vapeur, et emporte ainsi une quantité notable de chaleur, on voit que les deux estimations se rapprochent beaucoup.

Il est vrai de faire remarquer avec M. Péclet que, par la combustion de l'hydrogène, il se produit de la vapeur d'eau qui absorbe une portion de la chaleur développée. Mais cette vapeur, qui s'échappe des poumons à 38 degrés environ et qui passe ensuite à la température du milieu ambiant se condense en partie et restitue une portion de la chaleur qu'elle avait absorbée.

Enfin, une note que je dois à l'obligeance de M. Ed. Becquerel estime, d'après les expériences les plus récentes, la quantité de chaleur développée en moyenne par l'homme et par la femme à 104 unités ou calories.

Quoiqu'il en soit, et comme il est prudent d'admettre les circonstances les plus défavorables à la solution du problème, nous conserverons la première estimation qui revient à $119^{cal},18$ développées par heure dans l'acte de la respiration, il s'ensuit qu'un homme dégage par heure une quantité de chaleur capable d'élever 1 degré $\frac{119,12}{0,308} = 38,7$ mètres cubes d'air, comme nous l'avons dit plus haut.

Par conséquent, si cet homme est dans un milieu dont la température soit à 20 degrés et dont il soit extrait par heure $38^{mc},7$ en même temps qu'on y introduit aussi $38^{mc},7$ d'air à 10 degrés au-dessus de zéro, la température du milieu sera maintenue à 20 degrés par le seul effet de la respiration de cet individu, abstraction faite du refroidissement occasionné par les parois, et qui est toujours assez faible dans les salles de spectacle. Si, au contraire, l'air affluent était à une température inférieure à + 10 degrés, celle du milieu tendrait à s'abaisser, et il serait nécessaire de chauffer l'air de ventilation.

A l'inverse, si l'air de ventilation était à plus de 10 degrés au-dessus de zéro, le volume de $38^{mc},7$ d'air à cette tempéra-

ture ne serait pas suffisant pour empêcher la température du milieu de s'élever.

Il suit de ces résultats qu'une ventilation d'été fixée à 30 mètres cubes dans une salle enveloppée de corridors qui la préservent du refroidissement, et pour laquelle on ne peut se flatter d'avoir toujours, même le soir pendant l'été, de l'air à la température de 10 degrés seulement au-dessus de zéro, serait insuffisante. Dans cette hypothèse même, favorable à la ventilation, le volume d'air à admettre ne devrait pas être inférieur à 60 mètres cubes par heure et par spectateur. C'est le chiffre que l'on doit, je crois, prendre pour point de départ des projets.

Au contraire, l'hiver, si l'on introduit $38^{mc},7$ d'air dans la salle par heure et par spectateur, pour que cet air n'acquière pas une température de plus de 20 degrés, il faudrait probablement qu'il ne fût point chauffé beaucoup au-delà de 10 degrés.

Par conséquent, pendant les représentations, si, le feu étant couvert, les appareils de chauffage fournissaient seulement de l'air à 30 degrés, l'on pourrait le mêler avec le double de son volume d'air à zéro, pour obtenir le mélange à 10 degrés. L'air chaud à fournir alors par le calorifère ne serait donc que le tiers du volume total de l'air de ventilation.

Si l'air extérieur était à — 10 degrés, pour que le mélange d'air chaud C à 30 degrés et d'air froid F à — 10 degrés fût à + 10 degrés, il faudrait satisfaire à la relation

$$30C - 10F = (C+F)10; \quad \text{d'où} \quad C = F,$$

c'est-à-dire qu'alors le calorifère devrait pouvoir fournir un volume d'air chaud à 30 degrés, égal au volume d'air froid à — 10 degrés que l'on pourrait introduire dans la chambre à air.

Donc, dans le premier cas, les calorifères ne devraient fournir en air à 30 degrés que le tiers du volume total de l'air nécessaire à la ventilation, et dans le second cas, que l'on doit regarder en France comme une limite extrême de

froid, le volume d'air que le calorifère devrait fournir à 30 degrés ne serait au plus que la moitié du volume total d'air à fournir à la salle.

On doit d'ailleurs remarquer que les calorifères, de quelque genre qu'ils soient, peuvent fournir et fournissent en effet de l'air à plus de 30 degrés. Sans prétendre que, dans la pratique, les aperçus précédents soient complétement réalisés, nous croyons cependant pouvoir conclure de ce que nous venons de dire, que les calorifères ne doivent pas être construits et disposés pour fournir beaucoup plus de la moitié de l'air de ventilation pendant l'hiver, et qu'avec cette proportion la facilité qu'ils donnent d'avoir de l'air à 60 degrés et plus assurera toujours le chauffage de la salle, soit avant, soit pendant la représentation.

Enfin, des calorifères des proportions adoptées par de bons constructeurs pouvant facilement, par la seule action de la chaleur, débiter de 8000 à 10000 mètres cubes d'air par heure, ils seront bien suffisants pour fournir le volume d'air chaud nécessaire, sans recourir à l'action d'aucun ventilateur.

493. *Résultats de l'observation.* — Les proportions qui auraient été basées d'après les considérations précédentes seraient suffisantes; toutefois, je crois devoir faire remarquer que l'expérience nous a appris depuis, que l'air nouveau pouvait sans inconvénient arriver à une température supérieure à 10 degrés dans beaucoup de cas, pendant l'hiver et quand la salle n'est pas pleine. Il est donc prudent de donner un certain excès de puissance aux calorifères.

494. *Des conditions générales du chauffage des salles de spectacle.* — Il faut distinguer dans le service du chauffage des salles de spectacle ce qui concerne les vestibules, les escaliers, les foyers, la scène et ses dépendances, les foyers et les loges d'artistes, etc., etc., de ce qui est relatif au service de la salle proprement dite, occupée par les spectateurs.

Les premiers locaux, et surtout les vestibules inférieurs et

les escaliers, doivent évidemment être chauffés pendant l'hiver avec continuité à un degré assez élevé, parce que l'air extérieur y pénètre sans cesse, par l'effet de la circulation du public, et qu'ils sont en partie occupés par le personnel de service.

Il en est à peu près de même du foyer et des loges d'artistes.

Quant à la scène proprement dite, comme elle est en communication pendant la représentation avec l'intérieur de la salle, il suffit, mais il est nécessaire d'y faire affluer de l'air à la température qui convient à l'ensemble de la salle, et il est d'ailleurs indispensable de la maintenir convenablement chauffée dans le jour pour les répétitions.

Enfin, l'espace occupé par les spectateurs, outre la chaleur que développe chacun de ceux-ci, reçoit encore, soit directement, soit indirectement, une partie de celle que produisent les appareils d'éclairage, et l'on a vu précédemment combien il importe de se réserver les moyens de modérer la température de l'air affluent.

Il est donc indispensable de distinguer et de séparer le service des calorifères destinés à chauffer tous les locaux qui constituent les dépendances extérieures et celles de la scène, de celui des calorifères affectés au service propre de la salle.

Il doit être toutefois bien entendu que le chauffage des escaliers, des couloirs et des corridors devra être réglé de manière que la température n'y soit jamais au-dessous de 18°, afin que l'ouverture des portes ou le passage des spectateurs de l'intérieur des loges dans ces locaux, n'occasionne jamais une transition désagréable d'une température à une autre.

Il est d'ailleurs encore plus nécessaire pour les salles de spectacle largement ventilées que pour celles qui le sont peu, que tous les vestibules, couloirs et abords soient munis de doubles ou de triples portes battantes, dont les intervalles soient convenablement chauffés par des bouches de chaleur, afin d'éviter, ou au moins d'atténuer, les courants d'air que l'énergie de l'appel tend à déterminer.

La condition de n'introduire dans la salle que de l'air à une température très-modérée, oblige à n'emprunter, pendant les représentations, aux calorifères du reste des théâtres qu'une très-faible quantité d'air, et par conséquent à ne compter pour le service de la salle, pendant cette période, que sur les appareils qui lui seront spécialement affectés.

Mais, avant l'entrée du public, il en est autrement, et pour cette période, l'on peut profiter de toute la chaleur utilisable de l'ensemble des appareils pour échauffer la salle au degré convenable ; et, à cet effet, comme il est évident que plus l'air chaud fourni par les calorifères arrivera directement dans la salle, moins il y aura de pertes de chaleur, il convient d'établir des orifices d'accès aussi directs que possible, pour l'air qui doit passer de la chambre à air dans la salle.

On trouvera à cette disposition, comme on l'a déjà indiqué, l'avantage subsidiaire que les conduits de ventilation, qui, pendant la représentation, doivent amener l'air de la chambre à air dans la salle, n'étant pas préalablement échauffés, il sera plus facile de modérer et de régler selon les besoins la température de cet air de ventilation; ce qui serait au contraire fort difficile, si le chauffage préalable avait élevé la température de ces conduits à un degré qui ne saurait ensuite être abaissé que lentement.

Il est d'ailleurs évident, et il est inutile peut-être de répéter que, pendant toute la période du chauffage préalable de la salle vide, la ventilation ne devra pas agir, et que tous les orifices d'introduction de l'air dans les cheminées d'appel ainsi que ces cheminées elles-mêmes devront être aussi hermétiquement fermés que possible.

495. *Marche à suivre après l'entrée du public.* — A partir du moment où le public est admis dans les salles, les circonstances changent, et, comme nous l'avons dit plus haut, la présence des spectateurs contribuant beaucoup à l'échauffement de l'air, il devient nécessaire de n'introduire que de l'air à

une température modérée selon leur nombre, et en même temps qu'il faut en augmenter le volume.

Mais comme les calorifères, fortement échauffés pour le chauffage préalable de la salle, produiraient de l'air trop chaud, quelque soin que l'on prît d'en couvrir les feux, il faut d'une part se débarrasser de l'air chaud surabondant, et de l'autre introduire dans la chambre à air un volume convenable d'air frais, pour obtenir à la fois la quantité et la température voulues de l'air de ventilation. Il est donc indispensable de se ménager :

1° Le moyen de diriger ailleurs que dans la salle l'air chaud surabondant fourni par les calorifères;

2° Des orifices d'admission de l'air extérieur dans la chambre à air, pour y obtenir un mélange d'air suffisant et à la température convenable dans toutes les saisons.

Au lieu de perdre et de verser au dehors l'air chaud surabondant, il est d'ailleurs évident qu'il convient, comme on l'a déjà dit, de le faire évacuer par les cheminées d'appel, dont il élèvera la température intérieure et augmentera l'action. On aura ainsi un moyen auxiliaire, dont on pourra disposer dans des proportions variables, selon les saisons, et que nous aurons à mettre plus tard au nombre de ceux qu'il convient d'employer, quand nous parlerons de la ventilation.

496. *Nécessité de faire cesser la ventilation après la sortie du public pendant l'hiver.* — Le chauffage préalable de la salle et le développement de chaleur qu'il faut produire pour déterminer à la fois une température convenable et un renouvellement d'air suffisant ne peuvent s'obtenir que par une dépense de combustible qu'il importe de limiter le plus possible.

Il faut donc pendant l'hiver éviter que, dans l'intervalle des représentations, la salle et tous les conduits de circulation de l'air se refroidissent; par conséquent, des dispositions doivent être prises pour que tous les conduits d'arrivée de l'air exté-

rieur et ceux d'évacuation de l'air intérieur soient aussi complétement fermés que possible. A cet effet, il conviendra d'y multiplier les registres et d'en régler le service avec soin.

Faute de cette précaution, il arrive fréquemment l'hiver que l'air extérieur étant plus froid que ceux de la salle et de la scène, et celle-ci par sa hauteur et par l'ouverture de certaines issues, formant une sorte de vaste cheminée, il se fait des rentrées d'air froid, qui afflue par toutes les bouches destinées au contraire à servir à l'aspiration; de sorte que l'intérieur de la salle se trouve considérablement refroidi pendant la nuit et la journée, ce qui, outre l'inconvénient très-grand qui en résulte pour les artistes pendant les répétitions, présente celui d'exiger une consommation considérable de combustible pour rétablir la température intérieure au degré convenable et établir la ventilation dans le sens voulu.

Il pourrait même arriver, et je crois que le cas s'est présenté récemment, qu'un directeur de spectacle plus soucieux de l'économie que du bien-être du public, négligeant de faire chauffer les foyers d'appel de l'air vicié du parterre, de semblables rentrées d'air fussent continues sous les jambes des spectateurs. A l'inverse, dans la saison d'été, il ne peut qu'être avantageux de laisser la ventilation se continuer pendant la nuit,puisque la circulation de l'air frais abaissera la température de la salle et en rendra le séjour plus agréable. Mais il sera aussi convenable d'interrompre, dans le jour, l'arrivée de l'air à partir de l'heure où la chaleur commence à se faire sentir à l'extérieur.

497. *Du choix des appareils de chauffage.* — Les conditions particulières du chauffage des théâtres peuvent et doivent exercer une grande influence sur le choix qu'il convient de faire des appareils à employer.

En effet, ce chauffage, qui ne doit avoir lieu que pendant une partie de la journée pour une portion des locaux d'un théâtre, est en outre, pour le principal d'entre eux, la salle,

partagé, comme nous l'avons dit, en deux périodes distinctes; il importe donc de l'obtenir à peu près partout aussi rapidement que possible, et de pouvoir le modifier, le modérer, le faire cesser aussi à volonté.

Il convient cependant de remarquer que, dans beaucoup de cas, non pas tout à fait analogues, mais où des interruptions sont aussi indiquées par les conditions du service, on a trouvé avantage et économie à continuer dans une certaine proportion le chauffage, même pendant la nuit, afin d'éviter les refroidissements qu'elle occasionne.

En ayant égard à ces conditions générales, si l'on examine les divers systèmes de chauffage employés pour les établissements publics, on voit qu'ils se réduisent à trois :

498. 1° *Chauffage par circulation d'eau ou par l'emploi combiné de la vapeur et de l'eau.* — Ce système ou ces deux systèmes sont décrits au chapitre IX, et nous examinerons seulement ici leurs avantages et leurs inconvénients au point de vue des théâtres.

La densité de l'eau et sa capacité pour la chaleur, en procurant à la température des récipients et des poêles qui la contiennent une plus grande stabilité, constituent un avantage précieux dans beaucoup de cas, mais qui l'est peut-être moins pour les théâtres.

La répartition de la chaleur dans les diverses parties d'un semblable appareil n'est pas aussi longue à effectuer qu'on le croit généralement, et d'une autre part ce système, par la modération de la température à laquelle l'eau peut s'élever, limite celle de l'air qu'échauffent les poêles, s'oppose à ce qu'elle dépasse et même atteigne 50°, et par cela seul assure à l'air de ventilation une température et surtout une salubrité toujours convenables.

On reproche à la circulation de l'eau chaude les chances et les inconvénients des fuites; mais l'exemple des nombreux établissements chauffés depuis près de trente ans par ce procédé, et dans lesquels bien peu de dégradations dues à cette

cause se sont produites, prouve que l'inconvénient n'a rien de grave.

Il est vrai que l'établissement d'un réservoir placé dans les parties supérieures d'un bâtiment, et quelquefois à 15 mètres de hauteur, produit dans les parties inférieures une pression qui pourrait avoir ses dangers; mais l'accident survenu à Saint-Sulpice, qui a été trop exploité par les adversaires de ce système, et qui a été dû, comme on le sait, à des circonstances particulières de construction, est le seul de ce genre que l'on puisse citer. D'ailleurs l'usage de semblables réservoirs n'est pas indispensable, et il y a des appareils de chauffage à l'eau chaude dans lesquels l'inconvénient signalé est pour ainsi dire annulé.

Quant à la circulation de vapeur dans le système mixte des poêles à eau chauffée par la vapeur, nous reviendrons sur les inconvénients qu'on peut lui reprocher en parlant du chauffage à la vapeur.

499. 2° *Chauffage à la vapeur.* — Les avantages de ce système bien connu peuvent se résumer en peu de mots : facilité et rapidité du transport de la chaleur; latitude pour la modération de la température de l'air, et pour la cessation du chauffage dans les diverses parties du théâtre.

Les inconvénients sont : l'instabilité de la température, par suite de négligence dans le service; les condensations de la vapeur; la difficulté d'assurer le retour de l'eau de condensation; les interruptions qui peuvent en résulter dans la circulation, et la nécessité d'une double canalisation et de moyens multipliés de purger les tuyaux de l'air de condensation.

La difficulté de donner aux conduits de vapeur une pente suffisante pour le retour de l'eau de condensation est d'ailleurs encore plus grande pour les théâtres que pour les autres bâtiments, attendu que l'épaisseur des planches y est très-limitée : l'on serait donc plus exposé à l'effet parfois dangereux et toujours fâcheux des coups de bélier.

Mais le plus grave des inconvénients de l'emploi de la vapeur dans de longues et nombreuses ramifications de tuyaux, ce sont les chances, pour ainsi dire inévitables, de fuites que les plus habiles constructeurs ne peuvent parvenir à éviter, et qui sont bien plus difficiles à prévenir que celles de l'eau seule.

Enfin, quoique dans les poêles et les tuyaux de circulation la vapeur ne soit pas à une pression élevée, il n'en faut pas moins, pour la fournir, des chaudières à haute pression, dont l'emploi n'est pas sans quelque danger dans les parties inférieures d'un théâtre, et donne lieu à de nombreuses dégradations, quand ces chaudières ne sont pas renfermées sous des voûtes imperméables à la vapeur, ce qui oblige presque toujours à les isoler du bâtiment principal, et ne serait presque jamais praticable pour un théâtre.

500. 3° *Calorifères à air chaud.* — On sait que ces calorifères, quand ils sont faits par de bons constructeurs et bien proportionnés, offrent l'avantage d'une grande facilité d'échauffement et de suspension dans le service, joint à l'économie d'installation.

Mais, d'une autre part, on leur reproche l'échauffement excessif et l'altération de l'air au contact de surfaces métalliques soumises à l'action directe du feu, la température presque toujours trop élevée de l'air qu'ils fournissent, et surtout les variations considérables que des négligences peuvent occasionner dans le service; enfin, les chances d'incendie, dont trop d'exemples ont été donnés pour qu'on puisse en faire abstraction.

Malgré ces défauts, que la commission n'a pas méconnus, les grandes facilités qu'offrent ces appareils pour le service des théâtres, le concours qu'ils peuvent prêter à la ventilation et l'économie de leur installation l'ont engagée à leur donner la préférence pour les deux théâtres en construction.

Il convient d'ailleurs de rappeler que, pendant la présence

du public dans la salle, l'air à introduire ne doit être, même en hiver, qu'à une température très-peu élevée, et qu'on est obligé de mêler celui qui a traversé les calorifères avec un volume considérable d'air extérieur, ce qui atténue beaucoup les effets de l'altération que l'on reproche dans les cas ordinaires à ces appareils. Mais il convient d'appeler l'attention des constructeurs sur la nécessité d'établir une chambre où l'air froid et l'air chaud puissent se mélanger dans la proportion nécessaire selon les circonstances.

Les considérations exposées plus haut, sur la part proportionnelle de l'air chaud dans le volume total de l'air de ventilation, ont d'ailleurs conduit la Commission à penser que, pour le Théâtre-Lyrique, deux calorifères pouvant fournir facilement de l'air à 50° seulement, et susceptibles de l'élever à 60° et même à 70°, suffiraient largement à ce théâtre.

En effet, si nous admettions que tout l'air nouveau qui doit remplacer l'air vicié extrait dût être fourni par les conduits d'appel et par les chambres de mélange, ce qui est très-exagéré, l'on verrait que pour le Théâtre-Lyrique, pendant l'hiver, par une température extérieure de — 10°, pour que l'air de ventilation arrivât à + 10° dans la salle, il faudrait que l'on eût la relation

$$C \times 50 - F \times 10 = (C + F)\,10;$$

d'où

$$C = \tfrac{2}{3} F'$$

et par suite si $C + F = 51\,000^{m \cdot c}$,

$$C = 20\,400^{m \cdot c}.$$

Quant au théâtre du Cirque, pour lequel la Commission a admis une ventilation de 90000 mètres cubes, on aurait pu tolérer que l'air sortant des calorifères débouchant dans la chambre à air y arrivât avec une température de 70°, et alors il aurait suffi que les deux calorifères fournissent ensemble 22 500 mètres cubes d'air environ. En effet, si, dans ce cas,

on suppose que les calorifères fournissent de l'air à 70° dans la chambre à air, on aurait

$$C \times 70 - F \times 10 = (C + F)\,10;$$

d'où

$$F = \tfrac{1}{3} C,$$

et pour $C + F = 90\,000^{m.c}$,

$$C = 22\,500^{m\,c}.$$

Ces calculs, que l'on ne peut regarder que comme approximatifs, montrent encore que des calorifères de proportions modérées, tels que l'art peut facilement en obtenir, fourniront, sans le secours de moyens mécaniques directs, le volume d'air chaud nécessaire au service des salles pendant les représentations.

VENTILATION.

Modes divers d'admission de l'air dans la salle.

501. *Prises d'air extérieur.* — Les conditions dans lesquelles la commission des théâtres de la place du Châtelet s'est trouvée appelée à examiner la question du chauffage et de la ventilation des édifices, ainsi que l'état d'avancement des travaux approuvés, l'ont naturellement et presque forcément obligée à accepter pour l'introduction de l'air des conduits souterrains, tout en indiquant qu'il conviendrait aussi d'en ouvrir dans certaines cours adjacentes aux bâtiments.

J'ai signalé au chapitre II, n° **64** et suivants, les inconvénients que peut présenter ce mode, et malgré les avantages qu'on lui a attribués de fournir en été de l'air frais et en hiver de l'air moins froid que celui de l'extérieur, je ne crois pas qu'il soit le plus convenable.

Il me paraît préférable, pour la marche habituelle des appareils, de faire arriver l'air à la chambre des calorifères et à celle de mélange par une large gaîne ou cheminée verticale, formant dans l'intérieur du bâtiment une espèce de cour, sur laquelle ne s'ouvrirait aucune fenêtre et qui serait recouverte d'un toit formant lanterne. On ne pénétrerait dans cette

cheminée d'arrivée de l'air que par le bas, pour la nettoyer au besoin et la tenir dans un état parfait de propreté.

Cependant des orifices de prise d'air aussi larges que possible devraient y être ménagés à diverses hauteurs, pour former dans la saison d'été des entrées auxiliaires d'un accès facile à l'air appelé dans la salle, afin de diminuer l'énergie des appels qui s'exerceraient par les portes des loges dès qu'on les ouvrirait.

Pendant la saison d'hiver, presque tout l'air nouveau à introduire dans la salle descendrait vers les calorifères et vers la chambre de mélange par cette cheminée. Il y arriverait ainsi pur de toute émanation du sol. De la chambre de mélange cet air se répartirait dans les différents conduits qui lui seraient destinés, jusques et y compris la chambre à air du tympan, dont nous parlerons plus loin, dans laquelle cependant on pourrait aussi introduire directement de l'air extérieur que l'on mêlerait au besoin à l'air chaud venu du calorifère.

Dans l'été, cette cheminée servirait encore à alimenter d'air nouveau les étages inférieurs; mais des prises d'air latérales, à hauteur des différents étages, devraient aussi y être ménagées, comme il sera dit plus loin.

L'on ne saurait d'ailleurs apporter, dans le cas actuel, trop d'attention aux dispositions à prendre dans la chambre de mélange pour obtenir une grande uniformité de température dans les divers conduits, qui, de cette chambre, amèneront l'air dans la salle, et sur la bonne organisation des moyens à employer pour varier, selon les besoins, les proportions d'air chaud et d'air froid, afin de maintenir la température intérieure à un degré convenable.

502. *Admission de l'air par la scène.* — Dans l'état actuel de la plupart des salles de spectacle, l'air nouveau qui y pénètre pendant les représentations afflue, lorsque la toile est levée, de l'intérieur du théâtre. Pendant les entr'actes, une partie des portes de loges, celles de presque tous les couloirs

sont ouvertes, et permettent à l'air un accès violent fort incommode pour les spectateurs.

L'arrivée de l'air de l'intérieur de la scène combiné avec l'appel que produit le lustre détermine, ainsi que l'a justement remarqué M. Trélat, la formation d'une énorme nappe fluide, dont la base est l'immense rectangle de l'ouverture de la scène, et qui va en se rétrécissant en même temps que le mouvement s'y accélère, à mesure qu'elle se rapproche du lustre et de la cheminée d'évacuation qui le surmonte.

Quoique la vitesse de propagation des ondes sonores soit indépendante de celle du milieu dans lequel elles se meuvent, et malgré la propriété qu'ont les ondes de se pénétrer et de coexister, l'observation des phénomènes les plus ordinaires montre, quoi qu'en ait dit un ingénieur appelé devant la commission, que le mouvement général de transport du milieu aérien que ces ondes traversent en accroît l'intensité, ainsi que la distance à laquelle elles sont perçues par l'oreille. Aussi, constate-t-on très-facilement que l'on entend beaucoup plus distinctement la voix des acteurs dans les combles au-dessus de la cheminée du lustre, qu'en d'autres endroits de la salle plus rapprochés de la scène.

Les distances souvent très-considérables auxquelles on entend le bruit d'un marteau, celui du canon, selon la direction du vent, sont des effets tellement connus, qu'il est inutile d'insister sur leur existence. Je citerai cependant le fait suivant, qui peut donner une idée de leur intensité. En 1836, à Metz, en faisant des expériences de tir au polygone avec quatre pièces de 24, par un vent de sud-ouest très-violent, qui était dirigé vers le coteau de Saint-Julien, les vibrations de l'air ont été tellement fortes, qu'elles ont occasionné dans les habitations du village des dégradations et la rupture d'un certain nombre de vitres à une distance d'au moins 2000 mètres.

Il paraît donc naturel d'utiliser cette propriété, tout en évitant les inconvénients que présente l'existence de ce grand courant d'air, qui, sans produire une ventilation réelle de la

salle, est déterminé par l'appel du lustre. Il y a lieu par conséquent d'examiner si l'on peut, dans une certaine proportion, faire arriver l'air neuf par l'intérieur du théâtre.

Mais on reconnaît tout d'abord que la nécessité d'emprunter, pendant l'hiver, la plus grande partie de cet air à la chambre des calorifères, et de conserver aux dessous de la scène toute la liberté nécessaire aux manœuvres des décorations, conduirait à établir sur l'avant-scène et dans les murs latéraux de grands orifices qui, versant des nappes d'air animées parfois de vitesses assez grandes, pourraient gêner les musiciens, les spectateurs de l'orchestre et ceux des loges voisines de la scène.

L'été, l'inconvénient pourrait être encore plus grave, par le contraste des températures de l'air extérieur et de l'air intérieur.

Il ne me semble donc pas possible de se borner à ce moyen pour faire affluer dans la salle tout l'air nécessaire à la ventilation, et il serait en outre très-difficile de l'appeler vers tous les rangs de loges, pour obtenir un renouvellement réel de l'air dans ces parties occupées de la salle.

Par ces motifs, nous avions pensé qu'il y avait lieu de se borner à emprunter à la scène une portion seulement de l'air nécessaire, d'une part, au moyen d'ouvertures grillées, ménagées concentriquement à la rampe, et de l'autre, par des ouvertures et des conduits pratiqués dans les parois verticales des murs latéraux communiquant, l'hiver, avec la chambre des calorifères, l'été, avec des conduits réservés à chaque étage dans les planchers, pour permettre l'admission de l'air extérieur.

Tous ces conduits devaient d'ailleurs être garnis de registres qui, selon les saisons et les moments convenables, permettraient d'en régler le jeu de manière à obtenir les effets voulus, ce qui exigeait impérieusement l'organisation d'un service spécial de contrôle de l'ensemble des appareils.

Ainsi restreinte et modérée, nous pensions que l'arrivée

de l'air de la scène pourrait être d'un utile secours à la ventilation.

Mais l'expérience n'a pas tardé à nous montrer que l'arrivée de l'air par l'ouverture du plancher de la scène, concentriquement à la rampe, présentait pour les acteurs et surtout pour les musiciens des inconvénients graves, dès que cet air était à une température un peu inférieure à celle de la salle. Des plaintes fondées, quoiqu'un peu exagérées peut-être, ont conduit à renoncer à ce dispositif.

Quant aux ouvertures pratiquées dans le mur de refend pourvu qu'elles se trouvent à 5 ou 6 mètres au-dessus du plancher et que l'air affluent soit à une température convenable, elles ne présentent pas le même inconvénient, tandis que quand elles sont pratiquées, comme on l'a fait au théâtre du Cirque, trop près des spectateurs, l'arrivée d'air peut être gênante pour ceux qui sont aux places les plus voisines.

503. *Arrivée de l'air frais par le plafond de la salle.* — M. le docteur Tripier, auteur d'une note sur la ventilation des théâtres, publiée en 1859, a proposé un dispositif dans lequel l'air neuf pris « à la partie supérieure de la façade du théâtre serait amené dans la salle, au-devant et au-dessus du rideau, par un large conduit circulaire posé sur le plancher du grenier. »

Quoique cette disposition satisfasse, à la condition que nous avons posée, comme règle générale à suivre, de faire affluer l'air nouveau le plus loin possible des spectateurs, elle ne nous semble pas réalisable avec sécurité comme elle a été indiquée par l'auteur. Sans doute, si tous les appels étaient assez énergiques, ils suffiraient pour assurer l'introduction de l'air extérieur, plus dense le soir que celui de l'intérieur vers le dedans de la salle ; mais il pourrait cependant arriver parfois que la grande hauteur de l'intérieur de la salle, qui serait remplie d'air chaud à 20 ou 22°, déterminât au contraire la sortie de l'air intérieur par cette ouverture et n'apportât un trouble complet dans la ventilation.

D'une autre part, cette arrivée d'air frais, quoiqu'elle ne soit, d'après l'auteur, destinée qu'à la saison d'été, pouvant avoir lieu à 10 ou 12°, tandis que celui de la salle serait à 20 ou 22°, la différence de température et le volume du courant pourraient en rendre l'effet très-désagréable. Au printemps ou à l'automne, l'inconvénient serait sans doute intolérable.

Mais il y aurait moyen d'appliquer l'idée d'une manière que je crois plus sûre, pour toutes les saisons, ce serait de former dans le tympan, qui sépare la salle de la scène à hauteur et au-dessous du plafond une vaste chambre à air, qui ferait arriver l'air neuf par de nombreux orifices, tant à travers le tympan vertical proprement dit, qu'à travers la partie en voûte surbaissée ou en plate-bande.

Cette chambre pourrait être mise en communication selon les besoins de la saison, directement avec l'extérieur ou avec la chambre à air des calorifères, en prenant des précautions analogues à celles que nous avons indiquées en parlant des amphithéâtres, pour éviter la sortie de l'air chaud.

On aurait ainsi, en toute saison, le moyen de faire entrer dans la salle l'air nouveau à une température convenable et assez loin des spectateurs pour qu'il ne fût pas incommode.

Une semblable disposition me paraît donc devoir être recommandée à l'attention des ingénieurs, mais elle ne saurait suffire pour assurer l'arrivée d'un volume d'air assez grand; car dans la salle du cirque, où elle a été introduite par M. Guérin, ingénieur, c'est à peine si elle fournirait une surface libre de passage de 15 à 18 mètres carrés, tandis qu'il serait à désirer que pour une semblable salle on pût disposer de 50 mètres carrés, comme je le ferai voir plus loin.

Il est d'ailleurs indispensable pour la ventilation d'été que les conduits verticaux et la capacité du tympan soient, à différentes hauteurs, mis en communication directe et facile avec l'air extérieur, parce que, dans cette saison, il convient d'éviter tout parcours de l'air donnant lieu à des résistances qui favoriseraient l'arrivée de l'air par les portes des loges.

504. *Admission de l'air par les planchers du parterre et des loges.* — On a essayé, il y a déjà longtemps, et en particulier à l'ancien théâtre du Cirque-Impérial, de faire arriver l'air par des orifices de petites dimensions, en grand nombre, ménagés dans le plancher de l'orchestre et du parterre; mais ce mode présente l'inconvénient, que j'ai signalé dans le chapitre III, de produire, entre les jambes des spectateurs, des courants d'air presque toujours trop chauds l'hiver et trop frais l'été, et celui de charger, dès son arrivée, cet air des miasmes émanés de cette partie des spectateurs.

Aussi, quoiqu'il ait été reproduit dans quelques-uns des projets présentés, ce procédé n'a pas paru à la Commission susceptible d'être accepté, et il a été écarté de prime abord.

505. *Admission de l'air par le fond des loges.* — Mais un autre moyen qui offrait quelque analogie, et qui aurait eu au moins l'avantage de faire arriver l'air nouveau directement dans les lieux occupés par les spectateurs, consistait à lui ménager des accès dans toutes les loges par des orifices de grandeur suffisante pratiqués en avant des portes, et dans les galeries et amphithéâtres par des ouvertures analogues convenablement disposées.

J'ai de suite objecté que l'hiver, l'air chaud affluant dans les loges les transformerait en étuves, où les spectateurs auraient au moins la tête et les épaules plongées dans de l'air chaud; et que l'été, l'air frais, arrivant parfois à une température très-inférieure à celle de la salle, causerait aux spectateurs une sensation de froid peu agréable. L'exemple de l'ancien théâtre du Cirque venait à l'appui de cette objection.

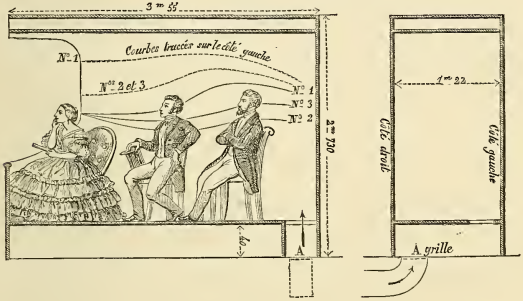
Pour mettre en évidence la valeur de la proposition et celle des objections, nous nous sommes livrés aux expériences suivantes :

506. *Admission de l'air chaud par le fond des loges.* — Un modèle en planches, aux dimensions exactes des loges projetées pour le Théâtre-Lyrique, a été établi dans la bibliothèque du Conservatoire des arts et métiers et placé au-

dessus de l'une des bouches d'introduction de l'air chaud, de manière que cet air pénétrât dans le fond de la loge par une ouverture de grandeur variable à volonté, pratiquée dans le plancher.

On a cherché aussi à faire varier, autant qu'il a été possible, la température intérieure de la salle et celle de l'air affluent, afin de se rapprocher des circonstances ordinaires, et si l'on n'y est pas parvenu plus exactement, c'est que les conditions locales s'y refusaient.

Fig. 52.



L'air, en débouchant au-dessous du plancher, à côté de l'orifice d'entrée qui lui était réservé dans la loge, prenait une direction un peu oblique à la verticale, et venait en s'élevant rencontrer la paroi gauche de cette loge, sous une légère inclinaison. Parvenu, en vertu de sa vitesse d'entrée et de sa légèreté relative, vers le plafond, il s'étendait en une nappe dont l'épaisseur était plus grande du côté droit que du côté gauche, et s'échappait par la partie supérieure du devant de la loge.

En même temps, ce courant supérieur sortant, d'air chaud, déterminait un remous et une rentrée d'air de la salle dans la loge, lequel y arrivait avec une température notablement plus basse que celle de l'air sortant.

En observant, à l'aide d'une bougie, la direction et la marche du courant d'air chaud, il a été facile de déterminer sur les deux parois latérales verticales le profil qui limitait l'intersection de ces deux plans avec la nappe d'air chaud. Ces profils ont été tracés par points sur les parois, et ils sont reproduits à l'échelle de $0^m,015$ pour mètre dans la figure précédente, en lignes pleines pour le côté droit, en lignes ponctuées pour le côté gauche.

Les trois courbes du côté droit sont numérotées 1, 2 et 3, et se rapportent aux observations indiquées par les mêmes chiffres dans le tableau suivant.

Faites à la bibliothèque du Conservatoire des arts et métiers.

DATES des expériences.	TOURS de l'anémomètre par seconde.	VITESSE de sortie de l'air.	VOLUME d'air par heure	TEMPÉRATURES dans la salle.	TEMPÉRATURES dans LA LOGE à droite.	TEMPÉRATURES dans LA LOGE à gauche.	TEMPÉRATURES à l'arrivée de l'air chaud	INDICATION des courbes correspondantes.	SECTION de L'ORIFICE D'ARRIVÉE de l'air.
		m.	m.c.						m. m. m.q.
20 déc. 1860....	11,95	1,19	189,00	15°	22°		46°	Courbe n° 1.	0,11 × 0,415 = 0,0462
21 déc. 1860....	17,33	1,67	234,00	18	30	25	68	Courbes n°s 2 et 3.	0,08 × 0,415 = 0,033
	17,00	1,64	151,00	18	30	25	58	Courbe n° 3.....	0,08 × 0,320 = 0,0256
22 déc. 1860....	16,50	1,60	190,00	18	29	26	58	Courbe n° 1.....	0,08 × 0,415 = 0,033

En même temps qu'on opérait les tracés ci-dessus, on observait la température de l'air affluent à son entrée dans la loge, ainsi que la vitesse moyenne d'arrivée de cet air, la température de l'air de la loge dans la partie inférieure de la nappe d'air chaud, et enfin la température de la salle.

507. *Conséquences.* — L'examen des courbes montre que, même en n'introduisant dans la loge qu'un volume d'air de 189 mètres cubes par heure, et la température de cet air n'étant que de 46°, les spectateurs assis sur les deux premiers rangs auraient la tête plongée dans un courant d'air à 22°, ce qui ne serait pas tolérable.

Si l'air affluent arrivait par circonstance à la température de 58°, même au volume de 151 mètres cubes en une heure au lieu de 180 mètres cubes, la nappe d'air chaud s'abaisserait au-dessous de la tête des trois rangs de spectateurs du côté droit, et cet air aurait la température de 25 à 30°, alors que celle de la salle serait de 18°.

L'ensemble de l'intérieur de la loge en arrière du premier rang était dans tous les cas à une température de 22 à 25°, que l'on ne saurait supporter dans un air sec arrivant à une température plus élevée.

A l'inverse, aux places du devant de la loge, l'on sentait l'impression d'une rentrée d'air très-active déterminée par le remous que formait la nappe sortante, de telle façon qu'en s'asseyant en travers, l'on éprouvait du côté extérieur l'impression de l'air frais et du côté intérieur celle de l'air chaud.

D'après les considérations exposées précédemment sur la température à laquelle il suffira, l'hiver, de faire arriver l'air dans la salle, il est évident que les expériences précédentes ont été faites dans des conditions exagérées qui ne devraient jamais se réaliser dans la pratique. Mais, outre que nous n'avons pas été maîtres d'abaisser autant que nous l'aurions voulu la température de l'air affluent, il n'est sans doute pas à regretter que l'exagération de la température ait rendu les résultats plus saillants.

D'après cet ensemble d'observations, on voit qu'il n'est pas convenable de produire le renouvellement de l'air dans une salle de spectacle eu faisant affluer l'air chaud par le fond des loges, la moindre surélévation de température les exposant à être transformées en étuves. Il était plus que probable que, dans la saison d'été, des effets inverses, mais non moins désagréables, se produiraient par l'introduction de l'air froid aux mêmes endroits; mais nous n'en avons pas moins regardé comme utile de faire à ce sujet quelques expériences directes, afin de ne laisser aucun doute dans l'esprit des personnes que ce mode de ventilation aurait pu séduire.

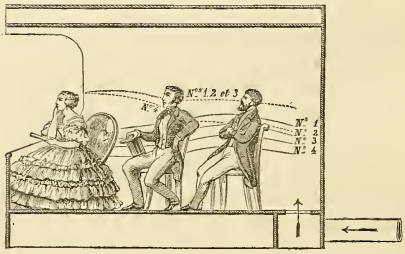
503. *Expériences sur l'introduction de l'air froid par le fond des loges.* — Dans les expériences précédentes sur l'introduction de l'air chaud par le fond du modèle de loge, deux causes tendaient à maintenir l'air dans la partie supérieure de la loge : la force vive qu'il possédait dans le sens vertical à son entrée par le plancher, et sa température plus élevée que celle de l'intérieur. Ces deux causes réunies n'avaient pas empêché que, par l'effet du gonflement de la veine fluide ainsi introduite, et par celui des remous produits par les changements de direction que cette veine éprouvait, la nappe d'air, en se mêlant partiellement à celui de l'intérieur, n'ait formé un courant d'une grande épaisseur, qui s'abaissait parfois jusqu'à 1 mètre du sol. Il devait donc paraître évident, *a priori*, qu'une introduction d'air froid à la même température que l'air de la loge et de l'espace extérieur, produirait des effets encore plus marqués, et que la nappe fluide affluente, en se répandant dans cette loge, devrait s'abaisser encore davantage, puisqu'il n'existerait plus alors, comme dans le cas précédent, entre elle et l'air ambiant une différence de densité provenant de celle des températures.

Un membre de la Commission ayant néanmoins désiré que quelques expériences spéciales fussent faites à ce sujet, elles ont été exécutées le 29 décembre 1860, en ayant soin de réduire pour quelques cas le volume d'air introduit notable-

ment au-dessous du chiffre de 180 mètres cubes par heure fixé pour la ventilation de chaque loge, et de proportionner l'orifice de manière que la vitesse d'introduction fût réduite à 0m,50 et même à 0m,40 par seconde.

Les résultats de ces expériences sont contenus dans le tableau suivant, et l'on a eu soin de déterminer, à l'aide de la flamme d'une bougie, les limites inférieures du courant d'air formé par la nappe sur les faces droite et gauche de la loge, de même qu'on l'avait fait pour le cas o l'on introduisait de l'air chaud.

Fig. 53.



Le tracé des courbes ainsi obtenues est représenté, dans la figure ci-dessus, à l'échelle de 0m,015 pour mètre.

EXPÉRIENCES DU 29 DÉCEMBRE 1860.

Ventilation par refoulement d'air froid dans le modèle de loge ayant servi aux expériences des 20, 21 et 22 décembre.

DURÉE de l'expérience.	TOURS de l'anémomètre par seconde.	VITESSE par seconde.	VOLUME par seconde.	VOLUME par heure.	SECTION de l'orifice.	Nos des courbes
		m.c.	m.c.	m.c.	m.q.	
1′	14,17	1,39	0,044	158	0,40×0,08=0,032	1
1′	9,41	0,97	0,062	223	0,40×0,16=0,064	2
1′	4,83	0,56	0,072	266	0,40×0,33=0,132	3
1′	3,00	0,40	0,043	155	0,132	4

Température de l'air affluent et de la salle, 13°.

Les courbes indiquent la limite inférieure de la couche d'air passant dans la loge.

509. *Conséquences des expériences précédentes.* — L'examen des courbes pleines nos 1, 2, 3 et 4 relatives au côté droit, ainsi que celui des courbes ponctuées nos 1, 2, 3 et 4 du côté gauche, montrent que, dans tous les cas, la nappe d'air froid s'est abaissée davantage que la nappe d'air chaud dans les expériences précédentes.

On remarque de plus que la courbe n° 4 du côté droit, relative à la quatrième expérience, où le volume d'air introduit n'était que de 155 mètres cubes par heure, et la vitesse de passage par l'orifice que de 0m,40 par seconde, est celle qui s'est le plus abaissée, et qu'elle est descendue à 0m,63 du plancher. C'est d'ailleurs ce qu'il était facile de prévoir, puisque la vitesse d'introduction étant verticale, la nappe fluide doit s'élever d'autant moins que cette vitesse est moindre.

Ces expériences montrent donc que l'introduction de l'air froid par le fond de la loge donnerait lieu à un courant horizontal, régnant depuis le plafond jusqu'à $0^m,65$, ou $0^m,70$ au-dessus du plancher, et dans lequel, par conséquent, les spectateurs de la loge auraient toute la partie supérieure du corps plongée.

Ce courant, qui était sensible aux organes dans les expériences dont on vient de parler, où la température de l'intérieur de la loge et celle de la salle étaient les mêmes que la température de l'air affluent, serait bien autrement désagréable l'été, quand l'intérieur de la salle étant à 20 ou 22°, et l'air extérieur à 12 ou 15°, les spectateurs recevraient par derrière de l'air à une température inférieure de plusieurs degrés à celle du milieu dans lequel ils auraient la partie antérieure du corps.

De l'ensemble de ces deux séries d'expériences, il résulte donc que l'introduction de l'air destiné à la ventilation par le fond des loges, à travers des orifices ménagés dans le plancher, n'est admissible ni pour l'air chaud, ni pour l'air froid. Telles étaient, du reste, les prévisions que permettait d'établir à l'avance la connaissance des circonstances qui accompagnent habituellement l'écoulement des fluides.

Malgré ces expériences si concluantes, le projet approuvé par la Commission pour le théâtre du Cirque ayant été écarté comme trop dispendieux pour un semblable théâtre, il a été momentanément ordonné d'exécuter un autre projet dans lequel on faisait affluer une partie de l'air nouveau, chaud ou froid, par le fond des loges, non plus avec une ouverture ménagée au plancher, mais par un orifice percé dans leur plafond et recevant l'air par des conduits ou gaines qui auraient été en communication avec la chambre à air des calorifères.

Ce dispositif eut été évidemment plus vicieux que celui dont on vient de parler, puisque l'air affluant de haut en bas avec une certaine vitesse se serait abaissé encore

davantage et eût été plus gênant pour les spectateurs. L'on y a sagement renoncé avant l'achèvement des travaux; mais la modification, qui en est résultée, aura coûté une somme assez forte que l'on eût pu épargner, si l'on eût mieux tenu compte des faits et des observations exposés plus haut.

Cependant, pour la ventilation du parterre, l'on a conservé une disposition analogue, par laquelle on fait affluer dans une partie de la paroi du fond de l'air nouveau relativement frais, ce qui incommode les spectateurs, comme on le verra plus loin, quand je parlerai des observations qui y ont été recueillies.

Pour un autre théâtre, mis en construction peu de temps après, un projet élaboré après que le rapport de la commission avait été publié, supposait une admission continue, l'hiver comme l'été, d'air nouveau de haut en bas à tous les étages de places entre les jambes des spectateurs; comme s'il n'était pas évident que cette affluence d'air chaud l'hiver et frais l'été, directement sur les organes, serait intolérable en toutes saisons! Exemple de la résistance que les idées systématiques et fausses opposent toujours aux préceptes de la science. Heureusement que l'ingénieur à qui l'on proposait de se charger de l'exécution d'un semblable projet a eu la prudence de s'y refuser, et lui en a substitué un autre plus rationnel.

510. *Admission de l'air par un double fond ménagé sous les loges.* — Dès la seconde séance de la Commission, et après qu'un premier examen des projets présentés avait montré qu'aucun ne satisfaisait aux conditions du difficile problème qu'il s'agissait de résoudre, il avait été proposé à la Commission, par son rapporteur, d'adopter comme point de départ des solutions nouvelles à chercher, le mode d'introduction de l'air, proposé, il y a plus de vingt ans, par Darcet, et appliqué sous sa direction au théâtre qui est aujourd'hui occupé par le Vaudeville ainsi qu'à l'Opéra. Ce procédé consistait,

comme on le sait, à faire affluer l'air dans la salle par tout le pourtour du dessous des loges, à travers un double fond ménagé dans le plancher. Pour assurer cette introduction, Darcet comptait sur l'énergie de l'appel que devait, suivant lui, produire la chaleur du lustre et la cheminée dont il le surmontait. Cet air serait entré dans le double fond par des orifices d'admission ouverts sous le plafond, dans les corridors en arrière des loges.

Mais, à l'époque où Darcet s'occupait avec tant de dévouement de cette question, les volumes d'air nécessaires à une bonne ventilation étaient appréciés beaucoup trop bas, et bien au-dessous de ceux que l'expérience a indiqués depuis comme indispensables. Il en est résulté que l'épaisseur donnée aux doubles fonds, la superficie des orifices d'admission et l'énergie des moyens d'appel, ont été réglés d'une manièretout à fait insuffisante. Aussi, quelque rationnel qu'il fût, le procédé de Darcet n'ayant, dans les applications qui en ont été faites, produit que des effets à peu près insignifiants, il a été tout à fait abandonné.

Lorsqu'il fut proposé à la Commission de revenir à ce procédé à la fois simple et logique, diverses objections ayant été présentées par quelques membres de la Commission, il nous parut utile de faire à ce sujet des expériences qui missent, sous ce rapport, en évidence pour les yeux les effets que la science du mouvement des fluides nous indiquait.

On objectait, en effet, à ce mode d'introduction de l'air :

1° Que s'il s'agissait de l'air chaud, il s'élèverait verticalement après la sortie, et incommoderait les personnes placées sur le devant de l'étage supérieur des loges; et que si, en outre, comme on l'avait en même temps proposé, l'appel devait avoir lieu par l'intérieur de ces mêmes loges, cet air chaud, y rentrant immédiatement, en élèverait la température d'une manière insupportable.

2° D'autre part, quant à l'arrivée de l'air frais, l'on manifestait la crainte que cet air, plus dense que celui de la salle, ne descendît rapidement sur les spectateurs du rang inférieur de places situées à une faible distance en dessous.

Ces objections étaient faites par les mêmes personnes qui avaient proposé l'admission de l'air par l'intérieur des loges, procédé qui y était bien plus soumis que celui que l'on proposait.

L'observation du mouvement des veines fluides, liquides ou gazeuses, qui passent d'un orifice plus ou moins rétréci dans un milieu qui leur offre des sections d'écoulement plus grandes et parfois indéfinies, comme dans le cas actuel, nous apprend cependant qu'en vertu de leur vitesse acquise les filets fluides pénètrent, s'avancent à une distance de l'orifice d'autant plus grande que cette vitesse est plus considérable, qu'ils y produisent des remous, des tourbillonnements dont l'amplitude et la forme dépendent non-seulement de cette vitesse et de la viscosité du fluide ambiant, mais encore des dispositions du réservoir d'air dans lequel elles débouchent. Ces circonstances, étudiées et signalées depuis longtemps par les hydrauliciens, ont été l'objet d'observations aussi profondes qu'ingénieuses de la part de l'illustre M. Poncelet, et chacun peut s'en rendre compte en se livrant à l'observation, plus instructive qu'on ne le croit, de l'écoulement de l'eau sous les ponts, surtout aux époques des débâcles de glaces, ainsi que je l'ai indiqué dans l'Introduction.

Sans entrer ici dans des détails qui ne seraient pas à leur place, malgré leur rapport intime avec la question qui nous occupe, nous devons ajouter que, par l'effet des remous et des tourbillonnements que l'introduction d'une veine fluide produit dans le milieu où elle pénètre, toute la vitesse, toute la force vive qu'elle possède sont si rapidement éteintes qu'il n'en reste plus de traces à une distance assez limitée de l'orifice, et que le seul effet qui en résulte est une augmenta-

tion de pression, d'autant moins sensible que l'espace dans lequel la veine débouche a des dimensions relatives plus considérables.

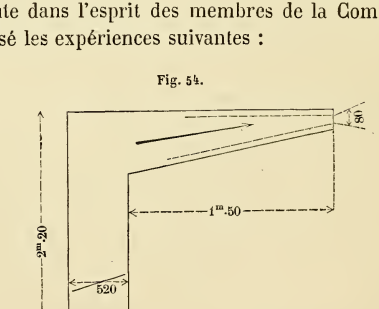
Il résulte de là :

1° Que, quelle que soit la vitesse d'une semblable affluence de l'air, ce courant sera promptement atténué par l'effet des remous et de son épanouissement graduel, qui doit toujours avoir lieu en avant et à une distance très-notable du débouché ;

2° Qu'il n'y a pas lieu de craindre que l'appel qui serait fait dans le fond des loges pour en extraire l'air vicié, si énergique qu'on puisse le supposer en pareil cas, soit susceptible de faire revenir et rentrer dans ces loges le courant d'air neuf, chaud ou froid, qui serait introduit dans la salle.

Malgré ces enseignements de la science, et pour ne laisser aucun doute dans l'esprit des membres de la Commission, j'ai organisé les expériences suivantes :

Fig. 54.



A cet effet, j'ai fait disposer dans la bibliothèque du Conservatoire des arts et métiers, et placé au-dessus d'une des

bouches de chaleur ouvertes dans le sol, un tuyau prismatique en planches à section carrée de $0^m,52$ de côté intérieur, et de $2^m,20$ de hauteur au-dessus du sol. Au sommet de ce tuyau était adapté un plafond horizontal formant le dessus d'une buse pyramidale aplatie représentée dans la figure ci-après, et destinée à offrir à l'air affluent un orifice d'écoulement analogue, mais non identique à celui que l'on pourrait obtenir dans le plafond d'une loge. Cet orifice, large de $3^m,40$ et haut de $0^m,08$, présentait une surface d'écoulement de $0^{m\cdot q},272$, à très-peu près égale à la section transversale du tuyau, qui était de $0^{m\cdot q},270$.

La face intérieure de la buse était inclinée à $\frac{1}{3,44}$ par rapport à l'horizon, et sa direction moyenne ou celle de l'axe de la veine fluide l'était à $\frac{1}{7}$ environ, ce qui tendait à la relever après sa sortie. Mais cette disposition, qu'avaient commandée les proportions de l'appareil, ne saurait apporter aucune modification aux conséquences à déduire des expériences, puisque, dans tous les cas, il serait facile de faire prendre à la veine fluide telle direction que l'on voudrait, au moyen d'ajutages convenablement courbés.

Les choses étant ainsi disposées, la température de la bibliothèque étant de 16 degrés et celle de l'air affluent de 81 degrés, on a observé les résultats suivants :

EXPÉRIENCE DU 10 DÉCEMBRE 1860

Sur l'introduction de l'air chaud par un double fond de loge.

TOURS de l'anémomètre par seconde.	VITESSE de l'air sortant par seconde.	VOLUME d'air écoulé par seconde.	VOLUME d'air écoulé en 1 heure.
	m.	m.c.	m.c.
13,89	1,36	0,370	1332,00

En présentant successivement l'anémomètre, qui est sen-

sible à des vitesses de $0^m,14$ environ, soit au-dessus, soit au-dessous de la buse, à différentes distances, on a pu reconnaître à peu près comment se faisait l'épanouissement de la veine fluide.

A la hauteur du côté inférieur de l'orifice, à un centimètre en contre-bas et à toute distance, l'anémomètre reste insensible ; à $0^m,25$ au-dessus et à $0^m,50$ de distance horizontale du côté supérieur, le courant d'air chaud cesse d'être sensible à l'anémomètre, et à partir de ce point il s'élève de plus en plus, en s'éloignant de la buse.

On remarquera que la température très-élevée de 61 degrés, que possédait l'air affluent, dans l'expérience que l'on vient de citer, n'a pas eu sur la direction de la veine fluide à sa sortie une influence assez grande pour l'empêcher de s'éloigner de plus en plus des spectateurs qui auraient été placés en dessus.

511. *Expériences sur l'introduction de l'air froid par un double fond de loge.* — Après cette expérience faite avec de l'air chaud, on a transporté le même appareil dans la galerie d'expériences du Conservatoire, et, à l'aide d'un ventilateur, on a refoulé dans le bas du tuyau de l'air froid, qui débouchait par l'orifice de la buse.

Trois expériences ont été exécutées en faisant varier les vitesses, et dans la troisième on a rétréci l'orifice, afin d'obtenir une vitesse qui dépassât de beaucoup celle qui serait nécessaire pour assurer, par un dispositif de ce genre, une très-abondante introduction d'air.

Dans la première expérience, où la vitesse moyenne d'affluence de l'air n'était que de $0^m,45$ par seconde, on a constaté que la veine fluide ne s'abaissait pas au-dessous du côté inférieur de l'orifice, et qu'à la distance horizontale de $0^m,900$, sa surface supérieure ne s'élevait guère de plus de $0^m,170$ au-dessus de l'orifice.

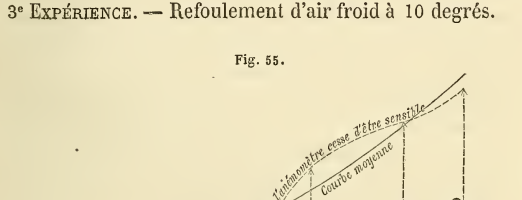
Dans la seconde expérience, où la vitesse moyenne d'arrivée de l'air était de $0^m,77$, on a observé de même que la

veine fluide ne s'abaissait pas au-dessous du côté inférieur de l'orifice, et qu'à un mètre de distance horizontale, la surface supérieure de la même veine ne s'était pas élevée à plus de 0m,200 au-dessus du côté supérieur de l'orifice.

Enfin, la troisième expérience, dans laquelle la vitesse moyenne d'affluence de l'air s'est élevée à 1m,89 par seconde, et pour laquelle on a déterminé approximativement les limites supérieures et inférieures de la veine fluide à l'aide de l'anémomètre sensible à des vitesses de 0m;14, a fourni des résultats représentés dans la figure ci-après :

3e Expérience. — Refoulement d'air froid à 10 degrés.

Fig. 55.



Vitesse 1m,89 en 1″.

On voit, par cette figure, qu'à la distance horizontale de 1 mètre en avant de l'orifice, cette veine fluide énergique, qui débitait 713 mètres cubes par heure, ne s'abaissait pas à plus de 0m,120 au-dessous de l'orifice, et ne s'élevait pas à plus de 0m,590 au-dessus.

Il en résulte donc que, dans aucune de ces expériences, la nappe fluide n'aurait pu gêner des spectateurs placés au-dessous et au-dessus.

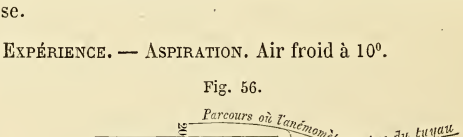
312. *Expérience sur l'aspiration de l'air par le double fond du même appareil.* — L'idée d'aspirer l'air par le double fond

que l'on pourrait ménager aux loges, ainsi que celle de produire cette aspiration par des orifices placés dans l'intérieur des loges, ayant été émises dans le sein de la Commission, il a paru utile de profiter du dispositif précédent pour reconnaître jusqu'à quelle distance les effets de cette aspiration produiraient des effets sensibles et susceptibles de gêner les spectateurs.

A cet effet, en changeant le sens de la rotation du ventilateur à hélices dont on se servait, on a produit l'aspiration, en lui donnant une énergie supérieure à tous les besoins présumés, afin d'exagérer les effets qu'elle pouvait occasionner. La vitesse moyenne d'aspiration s'est élevée à $2^{m},30$ en $1''$, et le volume à environ 867 mètres cubes en une heure, sauf déduction des effets de la contraction. En promenant devant l'orifice l'anémomètre, sensible à des vitesses de $0^{m},14$, on a pu reconnaître dans quelle étendue l'action de l'appel produisait des courants d'air ayant cette vitesse.

4e Expérience. — Aspiration. Air froid à 10°.

Fig. 56.



Vitesse moyenne, $2^{m},30$.

Échelle au $\frac{1}{12}$.

La figure ci-dessus montre qu'en dessus de l'orifice, la zone d'appel est très-limitée; que, directement en face, elle ne s'étend qu'à $0^{m},15$; qu'immédiatement au-dessous, elle ne descend pas plus de $0^{m},08$ de l'axe de l'orifice, et qu'enfin le long de la paroi inférieure, elle est limitée à $0^{m},20$.

Si l'observation avait été faite avec la flamme d'une bougie, on aurait reconnu, sans doute, une étendue plus grande à cette zone d'appel; mais il n'en reste pas moins clairement établi, par cette première observation, que l'appel de l'air par un semblable double fond ne saurait en rien produire des courants gênants pour les spectateurs placés au-dessus ou au-dessous.

513. *Expériences faites, avec un modèle de loge, sur les effets de l'introduction de l'air froid par un double fond de loge débouchant dans la salle.* — Le modèle de loge, dont il a été parlé précédemment, et qui avait été transporté dans la galerie d'expériences du Conservatoire, a aussi servi à constater de nouveau les effets de l'introduction de l'air froid par le double fond ménagé au plafond des loges. A cet effet, on s'est encore servi du ventilateur pour refouler de l'air dans le double fond, à partir du derrière de la loge, et l'on a déterminé aussi approximativement que possible, à l'aide de la flamme d'une bougie, la forme qu'affectait la nappe fluide, après son débouché dans la salle, en opérant exprès sur des volumes et à des vitesses supérieures à ce qui serait nécessaire dans la plupart des cas.

Les résultats de ces expériences sont consignés dans le tableau suivant, et représentés dans les deux figures ci-après :

EXPÉRIENCES FAITES LES 27 ET 28 DÉCEMBRE 1860

Sur l'introduction de l'air froid par un double fond de loge.

N°s de l'expérience.	NOMBRE de tours de l'anémomèt. en 1'.	VITESSE de l'air en 1'.	VOLUME d'air introduit par heure.	SECTION de l'orifice d'entrée.
		m.	m.c.	m. m. m.q
1	6,83	0,74	259	1,221×0,08=0,0976
2	9,83	1,01	352	
3	5,57	0,64	223	

Les figures ci-après, sur lesquelles on a représenté à l'échelle du vingtième les courbes qui limitaient en dessus et en

Fig. 57.

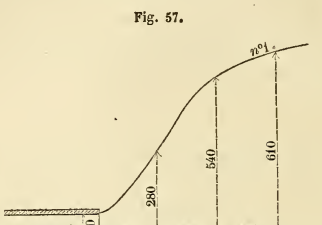
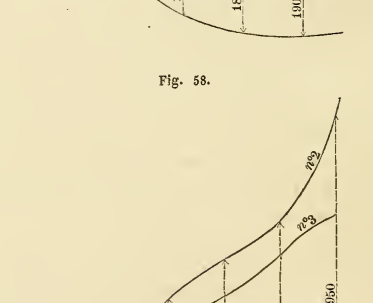


Fig. 58.



dessous la veine fluide qui s'échappait dans la salle, montrent que cette affluence d'air ne pourrait en rien gêner les spectateurs placés au-dessus et au-dessous, et que ce mode de ventilation ne présenterait, sous ce rapport, aucun inconvénient. Ce résultat est d'accord avec celui qui a déjà été indiqué précédemment.

514. *Expériences sur l'aspiration de l'air par le fond des loges.* — Mais, outre l'arrivée de l'air neuf par le double fond ménagé dans ce modèle de loge, on a aussi étudié les effets de l'aspiration de l'air vicié par le fond des loges. Pour y parvenir, on a mis un orifice de $0^m,40$ sur $0^m,20$ ou $0^{m\cdot q},08$ de section ouvert dans le plancher et devant l'emplacement de la porte d'entrée, en communication avec un tuyau vertical en tôle de $0^m,29$ de diamètre et de $3^m,60$ environ de hauteur, au bas duquel on a placé un bec de gaz, dont la chaleur déterminait un appel d'air suffisant. L'aire de la section transversale de ce tuyau était égale à $0^{m\cdot q},0628$, la vitesse de sortie de l'air mesurée à la partie supérieure était de $0^m,96$, et le volume d'air évacué par heure s'est élevé à 216 mètres cubes par heure, chiffre supérieur de 36 mètres cubes à celui que l'on regarde comme nécessaire.

L'aire de l'orifice d'appel ouvert dans la loge étant de $0^{m\cdot q},08$, ce qui correspondait à une vitesse moyenne de passage de $0^m,75$, l'action de l'appel ne se faisait sentir à la flamme d'une bougie que vers le plancher et près de l'orifice, à une distance d'environ $0^m,25$ à $0^m,30$. Au-dessus de l'orifice et à une distance d'à peu près $0^m,30$, l'action de l'aspiration était insensible avec une bougie.

Il suit donc de cette expérience que le mode d'évacuation de l'air vicié par le fond des loges peut être adopté, sans crainte que les courants que détermine cette aspiration puissent incommoder les spectateurs.

On remarquera d'ailleurs que cet air aspiré serait toujours à la température de celui qui environne et que respirent les spectateurs, et que par conséquent un faible courant de cet air ne saurait en rien les gêner, même s'il était sensible.

515. *Conséquences des expériences précédentes.* — De l'ensemble de ces expériences il résulte donc que le mode d'admission de l'air dans la salle proposé par Darcet, convenablement modifié et proportionné, ainsi que l'évacuation de l'air par un appel exercé au fond des loges ou dans les parois

verticales des gradins des amphithéâtres, paraissent être les moyens les plus convenables pour assurer le renouvellement et l'extraction de l'air, ainsi que je l'avais indiqué à la Commission dès sa seconde séance.

516. *Introduction de l'air par insufflation, au moyen de ventilateurs, à la partie supérieure de la salle.* — La Commission n'a pas regardé comme admissible le procédé, qui ne lui a été soumis d'ailleurs que verbalement par un ingénieur distingué, et qui aurait consisté à refouler, au moyen d'appareils mécaniques, l'air de ventilation dans la partie supérieure de la salle, où il aurait, selon lui, déterminé un excès de pression qui l'aurait obligé à descendre graduellement vers les parties inférieures, et à s'en échapper par des orifices ménagés à cet effet.

Les expériences faites à l'hôpital Lariboisière par un membre de la Commission ont montré que, même dans les locaux de dimensions restreintes, l'action de ventilateurs puissants ne produisait à l'intérieur aucune augmentation de pression sensible, et qu'au contraire il existait à l'inverse toujours un excès de la pression extérieure sur la pression intérieure. Il n'était donc pas possible de compter sur l'effet indiqué, qui aurait, encore moins que partout ailleurs produit le résultat espéré par son auteur, dans de vastes salles offrant, à tous les étages, de nombreuses ouvertures, à l'aide desquelles l'égalité de pression se rétablirait de suite dans la partie supérieure entre l'intérieur et l'extérieur de la salle.

Quant à l'idée de faire arriver l'air dans les parties supérieures de la salle pour le faire évacuer par les parties inférieures, elle est en elle-même conforme aux principes que nous avons établis au chap. III; mais elle n'exige nullement l'emploi de moyens mécaniques.

517. *Conséquences de ce qui précède.* — D'après l'ensemble des considérations et des expériences exposées précédemment, je crois donc pouvoir maintenir, en les modifiant légèrement, les bases admises en 1861 par la Commission dont j'avais

l'honneur d'être le rapporteur, et par conséquent indiquer pour la rédaction des projets de ventilation des théâtres les conditions suivantes :

1° La prise de l'air nouveau sera faite par une ou deux cours intérieures ou cheminées d'introduction prolongées dans toute la hauteur du bâtiment et dans lesquelles il ne sera pratiqué aucune fenêtre ou ouverture permettant d'y jeter des immondices. Il pourra seulement y être ménagé des prises partielles d'air correspondantes aux différents étages ;

2° L'introduction de l'air nouveau par des doubles fonds ou entrevoux ménagés sous les différents étages de loges ou de galeries sur tout le pourtour de la salle et ayant, s'il se peut, une hauteur de $0^m,15$ à $0^m,20$;

3° L'admission par des ouvertures pratiquées dans le tympan qui sépare le plafond de la salle de la scène ;

4° L'admission par des ouvertures ménagées dans l'intérieur du théâtre, dans les parois verticales des murs latéraux qui séparent la scène de la salle, à une hauteur telle que les artistes ne puissent en être incommodés, c'est-à-dire à 6 ou 7 mètres au moins au-dessus du plancher ;

5° L'ouverture d'entrées d'air auxiliaire, principalement pour la saison d'été, sous les planchers des corridors et aux divers étages de la salle ou du théâtre, et destinés à admettre directement l'air extérieur.

518. *Disposition générale des conduits d'air nouveau.* — Les conduits qui, de la chambre de mélange sont destinés à amener l'air aux différents étages, doivent être aussi directs que possible et complétement séparés les uns des autres pour chaque étage, afin d'assurer l'uniforme répartition de cet air. Mais cette condition n'empêche pas de réunir ces conduits en un même corps, de manière à former des groupes que l'on multipliera autant que possible.

Si les dispositions le permettaient, il serait bon que tous ces groupes fussent aussi indépendants et partissent séparé-

ment de la chambre à air. On éviterait ainsi les changements de direction et des circulations compliquées.

Lorsqu'on ne pourra obtenir une distribution aussi directe, on établira des conduits généraux subdivisés en autant de canaux qu'il y aura d'étages et dont chacun alimentera une partie des entrevoux correspondants.

Cette subdivision des conduits généraux devra être appliquée aussi bien à ceux qui sont destinés à amener l'air à différentes hauteurs dans les parois verticales du mur de séparation de la salle et de la scène, qu'à ceux qui le feront déboucher dans les entrevoux des loges.

Quant à la chambre d'air du tympan supérieur, il est évident qu'un ou deux conduits verticaux, à droite et à gauche, suffiront pour l'alimenter, quand il s'agira d'introduire de l'air chaud. Il sera bon que cette chambre soit partagée en deux par une cloison dirigée dans le sens de l'axe longitudinal de la salle.

Les sections à donner à tous les conduits, qui, de la chambre à air, doivent amener l'air dans la salle, seront calculées d'après cette base, que la vitesse de l'air n'y soit estimée qu'à $0^m,60$, ou $0^m,80$ au plus ou $1''$. Connaissant donc le nombre total des spectateurs, et par suite le nombre de mètres cubes d'air à introduire par heure ou par seconde, on divisera ce dernier par la vitesse, et le quotient donnera le nombre total de mètres carrés que devra présenter l'ensemble des conduits.

On répartira cette surface aussi régulièrement que possible, d'après le nombre des spectateurs distribués à chaque étage, après en avoir déduit la portion que les conditions locales permettront d'attribuer à l'admission, par les faces verticales du mur correspondant à la séparation de la scène et par le tympan.

Il est bon aussi d'appeler l'attention sur la construction des grilles placées au débouché des passages, qui, presque toujours, sont établies de manière à les obstruer beaucoup trop. On devrait s'imposer la condition que les trois quarts au moins de ces passages restent libres.

Les conduits horizontaux qui, à partir des conduits verticaux amèneront l'air dans la salle, par les entrevoux des loges, devront aussi être proportionnés de manière que la vitesse moyenne d'introduction n'excède pas $0^m,70$ à $0^m,80$ en $1''$, afin de limiter l'énergie que l'aspiration aurait à exercer.

Le développement de ces conduits, dans le sens horizontal, dépend des dispositions générales du plan et ne saurait être beaucoup modifié; mais leur épaisseur ou la hauteur verticale peut être variée selon les besoins. Il est à désirer qu'elle puisse atteindre à $0^m,15$ ou à $0^m,20$ et plus, s'il est possible.

Les grilles qui termineront ces débouchés du côté de la salle devront laisser un passage libre, égal au moins à la section des conduits; mais en outre leurs ouvertures devront être disposées de façon que les filets fluides s'échappent nécessairement dans le sens horizontal, afin qu'ils ne puissent, dans aucun cas, atteindre les spectateurs.

Enfin, ces grilles devront être facilement amovibles et les conduits auront des ouvertures convenablement disposées pour permettre le nettoyage et l'expulsion des corps étrangers.

Il faut surtout éviter que ces orifices ne soient placés presque directement au-dessus de la tête des spectateurs, et n'envoient l'air de haut en bas.

519. *Établissement d'un passage d'air extérieur au-dessus des foyers.* — Les salons de promenades, pendant les entr'actes, qu'on nomme foyers, ont ordinairement une hauteur correspondante à deux étages de loges et qui est nécessitée par leurs grandes dimensions. Mais il n'est pas indispensable de leur donner toute cette hauteur et l'on pourrait en réserver une partie pour former à cette hauteur une sorte de chambre d'air frais qui, pris à l'extérieur, servirait l'été à assurer dans la salle à cette hauteur une facile et abondante introduction d'air qui serait ainsi tout à fait directe et pourrait contribuer à diminuer l'intensité des appels par les portes. Une disposition analogue sera presque toujours facile à introduire à l'étage supérieur.

520. *Disposition à prendre pour éviter l'effet de la chaleur produite par les lustres de ces foyers.* — Les lustres de ces foyers donnent lieu à un développement de chaleur et de gaz brûlés souvent incommodes et qui se répandent dans les couloirs, dont ils élèvent inutilement la température ou vicient l'air. Il importe et il est facile de diriger tous ces gaz et la chaleur qu'ils emportent dans les cheminées d'appel des étages de loges correspondant, ce qui aura le double avantage d'éviter les inconvénients signalés et d'activer la ventilation de la salle. La disposition indiquée ci-dessus rendrait cette évacuation facile.

521. *Inconvénients de l'ouverture des portes des loges et des passages dans les théâtres.* — Quoique l'évacuation régulière et uniformément répartie de l'air vicié soit l'objet principal de la ventilation dans les salles de spectacle, comme ailleurs, et qu'il ne soit pas toujours très-facile de l'assurer, elle ne constitue pas à beaucoup près la grande difficulté que présente la solution satisfaisante du problème.

La rentrée d'un volume d'air nouveau arrivant d'une manière convenable dans la salle est encore plus difficile à assurer que dans tous les autres cas, parce que le nombre immense des portes et des passages donne lieu à des rentrées d'air, qui provoquées par l'énergie de l'appel, tendent, dès que les passages sont ouverts, à produire des courants fort désagréables, venant des corridors, vers l'intérieur de la salle.

Lorsque les portes sont fermées, ces rentrées sont peu à craindre pour les personnes, parce que l'air ainsi introduit perd de suite sa vitesse et se dirige vers l'orifice d'appel placé au fond des loges. La petitesse des joints, qui d'ailleurs pourraient être garnis de bourrelets, limiterait toujours le volume ainsi introduit à peu de chose.

Mais il ne saurait en être de même lorsque les portes sont ouvertes, parce qu'alors elles offrent à l'air des corridors de grands orifices, où son passage n'éprouve aucune résistance pour obéir à l'action de l'appel, tandis qu'il n'en saurait être

de même pour l'air qui est introduit par les orifices normaux préparés pour l'introduction, quelque soin que l'on apporte à les bien disposer.

L'inconvénient de ces courants d'air sera d'ailleurs, toutes choses égales, d'autant plus sensible qu'il y aura un moindre nombre de portes ouvertes, parce que la vitesse y sera d'autant plus considérable. Il serait nul ou à peu près, si à l'inverse toutes les portes étaient ouvertes ou enlevées, comme cela a lieu parfois pour les représentations gratuites.

Il faut donc s'attendre que, dans toute salle de spectacle ventilée, l'ouverture des portes des loges donnera lieu à des courants d'air d'autant plus énergiques que la ventilation elle-même le sera davantage.

Le seul obstacle que l'on puisse apporter à cet inconvénient qui existe d'ailleurs déjà, à un degré très-grand, dans toutes les salles actuelles, consiste à garnir toutes les volées de marches des escaliers, tous les paliers, toutes les entrées dans les corridors de portes battantes toujours libres de retomber, et quand cela sera possible, de munir toutes les entrées de loges et surtout tous les passages qui donnent accès au parterre, aux galeries et aux amphithéâtres de semblables portes fermant toutes de dehors en dedans.

Par ce moyen, l'on apportera aux entrées par ces ouvertures un obstacle qui empêchera les courants d'atteindre les spectateurs avec des vitesses gênantes.

Il convient d'ailleurs de faire remarquer que les spectateurs des loges étant toujours maîtres d'en tenir les portes fermées, ils pourront éviter le désagrément de ces courants d'air et que c'est surtout pour les entrées des emplacements communs, à un grand nombre de personnes qu'il est indispensable de prendre les précautions indiquées ci-dessus, ce qui est toujours facile.

A cette précaution, beaucoup trop négligée par les architectes, il convient d'en joindre une autre très-efficace : c'est de faire déboucher dans tous les intervalles des doubles portes, dans tous les vestibules, dont on vient de parler, de

l'air suffisamment chaud qui assure à celui qui pénètre dans la salle une température convenable.

522. *Cheminées communes d'appel.* — A droite et à gauche de la salle, il convient d'établir deux grandes cheminées d'appel et d'évacuation de l'air vicié qui s'élèveront jusque dans les combles, où elles se réuniront à une cheminée centrale et générale dont l'action activée, comme nous le dirons, par la chaleur des appareils d'éclairage et par d'autres moyens auxiliaires, coordonnera et régularisera la marche de tous les appels.

Ces cheminées latérales recevront les tuyaux de fumée des calorifères, dont, pendant l'hiver, la chaleur aidera l'action de l'appel, et de plus l'on y fera arriver, quand on cessera de chauffer, une partie de l'air chaud fourni par le calorifère, comme il a été dit au n° **491**, pour utiliser la chaleur devenue superflue de ces appareils. Mais il est bien entendu que l'on restreindra le plus possible le volume de cet air, attendu que c'est seulement de la chaleur, et non de l'air, qu'il faut envoyer dans ces cheminées.

Pour la saison d'été, des foyers spéciaux seront disposés au bas de ces cheminées pour y produire, par leur chaleur, le tirage nécessaire, et les tuyaux de fumée, auxquels on donnera le développement nécessaire, règneront dans toute la hauteur, pour que dans aucun cas la fumée ne puisse se mêler à l'air appelé.

J'indiquerai plus loin les moyens auxiliaires à ajouter aux précédents pour activer l'appel, si cela est nécessaire.

Enfin ces cheminées devront être partagées par des languettes en autant de conduits verticaux qu'il y aura d'étages de places, dont elles seront destinées à évacuer l'air.

La section de chaque conduit partiel sera calculée d'après le nombre de places dont il devra assurer l'assainissement, et dans l'hypothèse d'une vitesse de $1^m,00$ à $1^m,25$ par seconde au plus.

Généralement ces cheminées ne serviront qu'à l'évacua-

tion de l'air vicié de l'orchestre, du parterre, des loges dites baignoires et des premières galeries.

Quant à la cheminée générale d'évacuation, on lui donnera la plus grande hauteur possible, et comme son action sera activée par divers moyens, dont je parlerai plus loin, l'on devra la proportionner de manière que la vitesse moyenne y soit de $2^m,50$ à $3^m,00$, pour donner à l'écoulement la stabilité nécessaire.

525. *Observation sur la progression des vitesses dans les divers conduits.* — L'expérience ayant montré que dans le voisinage des individus la vitesse d'appel à l'entrée des orifices pouvait être de $0^m,75$ en $1''$ sans inconvénient, je pense que l'on peut adopter cette vitesse pour les premiers orifices d'appel. La section à leur donner sera la conséquence de cette vitesse et du volume d'air à évacuer.

Cependant pour l'étage supérieur des places qu'on nomme l'amphithéâtre, où les spectateurs sont souvent très-serrés les uns près des autres, il conviendrait, je pense, de ne compter que sur une vitesse de $0^m,50$ en $1''$, ce qui revient à augmenter la section des passages. Cette précaution me paraît d'autant plus nécessaire, qu'à la chaleur développée par les individus se joint souvent celle du rayonnement des appareils d'éclairage.

D'une autre part, la vitesse finale d'évacuation devant être de 3 mètres environ pour assurer la stabilité du tirage, il convient que, depuis l'entrée jusqu'à la sortie, la vitesse de l'air aille en augmentant progressivement. C'est par ce motif que j'indique des vitesses croissantes dans les différents conduits.

524. *Orifices d'extraction.* — Il est tellement rationnel que l'extraction de l'air se fasse toujours le plus près possible des endroits où il est vicié, et que l'on cherche à s'opposer à son transport et à son accumulation en certains points, qu'il devient évident que cette extraction doit avoir lieu au parquet et au parterre à travers les parois des siéges; dans les loges,

par le fond même de ces loges, et dans les amphithéâtres, par les parois verticales des gradins.

Les expériences, dont nous avons fait connaître les résultats aux nos **512** et suivants, ont d'ailleurs montré que l'appel qui déterminerait cette évacuation pourrait produire à l'orifice une vitesse de $0^m,75$, sans que cet effet fût sensible à plus de $0^m,25$ à $0^m,30$. Des vitesses beaucoup plus grandes seraient même admissibles sans inconvénient, parce que l'aire des sections d'activité de l'appel croît comme les carrés des distances à l'orifice, et que les vitesses avec lesquelles l'air traverse ces sections décroissent en raison inverse et aussi parce que l'air ainsi appelé étant à la même température que celui dans lequel les spectateurs sont plongés, un courant de cet air est beaucoup moins sensible que s'il était à une température différente.

Afin d'utiliser toute la hauteur disponible des conduits d'évacuation et d'appel, il conviendra de placer les orifices le plus bas possible auprès du sol des loges, en les ouvrant d'ailleurs dans les parois verticales, pour éviter l'introduction de la poussière et des corps étrangers.

525. *Dispositions pour l'appel de l'air au parquet et au parterre.* — Sous chaque fauteuil des stalles d'orchestre et sous chaque banc du parterre, contre la face verticale de séparation du siége voisin devra être disposé un petit conduit vertical ouvert près du siége et débouchant dans un double fond mis en communication avec des cheminées d'appel établies aux deux côtés de la salle.

Le volume d'air à évacuer devant être de 60 mètres cubes par heure et par spectateur, ou de $\frac{60^{m\cdot c}}{3600} = 0^{m\cdot c},017$ par seconde, et la vitesse d'appel devant être limitée à $0^m,75$ environ, la section de passage des conduits verticaux sera égale à $\frac{0^{m\cdot c},017}{0^{m\cdot c},75} = 0^{m\cdot c},022$. Chaque spectateur occupant au moins $0^m,45$ à $0^m,50$ de largeur sur les siéges, il suffira que l'épais-

seur du vide des conduits dans le sens perpendiculaire aux bancs soit égale à $\frac{0^{m}\cdot q,022}{0,5} = 0^{m},044$. L'on voit que cette disposition retranchera fort peu de chose sur l'espace dans lequel on peut étendre les jambes.

Le double fond, sous les siéges, devra être partagé en deux par une cloison, selon l'axe longitudinal de la salle, pour séparer les volumes d'air à évacuer en deux parts distinctes que chacune des cheminées devra appeler indépendamment.

L'on calculera l'aire à donner à ce double fond de manière que sa section permette à l'air d'y acquérir une vitesse de $0^{m},80$ à $0^{m},90$ environ.

526. *Premières galeries.* — Dans ces galeries, où il n'y a généralement que deux rangs de places, les orifices d'appel seront ménagés dans les parois verticales des gradins, s'il y en a, ou dans celles de devant des premières loges.

L'air vicié appelé de l'orchestre, du parterre, des loges dites baignoires et des premières galeries, devra être dirigé par des conduits convenablement proportionnés dans les deux cheminées latérales d'appel, et, comme toutes ces parties de la salle sont à des hauteurs peu différentes, l'on pourra réunir dans une seule gaîne l'air vicié qu'elles fourniront, avec d'autant moins d'inconvénient que l'appel est déterminé par la hauteur totale des cheminées.

527. *Disposition pour l'appel de l'air des loges.* — A chaque loge ou couple de loges devra correspondre un tuyau d'évacuation, et tous ces tuyaux, isolés de ceux des autres étages, devront, s'il est possible, s'élever et se réunir dans les combles à des conduits généraux ou à une coupole établie sous une cheminée unique d'évacuation.

Il y a lieu de faire remarquer, comme l'a proposé M. d'Hamelincourt, que l'air nouveau devant affluer dans la salle à chaque étage au-dessous de son plancher, le même conduit vertical qui l'a amené peut être fermé à fleur du dessus de ce plancher et servir par son prolongement à l'évacuation de

l'air vicié de ce même étage, ce qui simplifie beaucoup l'établissement des conduits.

En effet, en élevant tout autour de la salle, entre les loges ou les amphithéâtres et les corridors, des gaînes ou cheminées verticales, régnant depuis la chambre de mélange jusqu'aux combles, des conduits verticaux partagés par des languettes en autant de parties qu'il y aura d'étages, et les interrompant, comme on vient de le dire, à hauteur de chaque plancher, l'organisation de l'ensemble de ces conduits ne présenterait aucune difficulté et ne serait pas très-dispendieuse.

Dans les combles, il ne serait pas indispensable que tous les conduits continuassent à être isolés, et l'on pourra les réunir soit par faisceaux provenant de trois ou quatre étages superposés, soit même par deux ou trois faisceaux qui, se confondant en un seul, iraient gagner la cheminée générale d'évacuation.

Les proportions à donner aux conduits d'évacuation de l'air vicié des loges et des amphithéâtres seront calculées d'après les mêmes bases que précédemment, savoir une vitesse d'introduction de $0^m,50$ à $0^m,75$, et une vitesse de $1^m,00$ à $1^m,50$ dans les conduits. Il y a lieu de faire remarquer que l'aire de passage doit être calculée en tenant compte de l'obstruction causée par la partie pleine des grilles.

528. *Emploi des effets naturels produits par la chaleur pour déterminer l'appel de l'air.* — Nous avons déjà rappelé que c'est Darcet qui a, le premier, proposé de mettre à profit la chaleur développée par le lustre pour produire l'évacuation de l'air chaud dans les parties supérieures de la salle; mais le dispositif indiqué et employé par ce savant, outre qu'il n'assurait pas assez énergiquement le renouvellement de l'air ni son évacuation aux lieux mêmes où il est vicié, présentait des inconvénients qui ont déjà été signalés.

Il fallait donc, en partant du même principe, chercher les moyens d'utiliser la chaleur développée par le lustre, tout en

modérant les effets, sans nuire au jeu des autres ressources à mettre en usage.

Mais, avant d'examiner les solutions qui pouvaient être proposées, il était bon de chercher à se rendre compte des effets de ventilation que produit le lustre dans plusieurs salles de spectacle. M. F. Leblanc, savant physicien, répétiteur à l'École polytechnique, qui s'est occupé de cette question, avait bien voulu nous communiquer les résultats des observations qu'il avait faites au théâtre de l'Opéra-Comique, où il y a 45 becs ronds et 180 bougies consommant environ 20 mètres cubes de gaz par heure. Il avait trouvé que, dans la cheminée en planches qui surmonte le lustre, et qui avait $16^{m \cdot q},15$ de section, il passait par heure environ 80 000 mètres cubes d'air à 9° de température moyenne au-dessus de la température extérieure, ce qui correspond à une vitesse moyenne de $1^m,38$ par seconde.

Ce volume de 80 000 mètres cubes d'air évacués par heure dans un théâtre qui ne contient que 1600 places, m'ayant paru bien considérable, puisqu'il correspondrait à une ventilation de 50 mètres cubes par heure et par spectateur, j'ai dû faire faire de nouvelles observations qui ont été exécutées le 17 avril 1863.

L'examen des lieux a montré que, si la portion cylindrique qui existe au-dessus du plafond de la salle présente effectivement une section de plus de 16 mètres carrés de superficie, avec un diamètre intérieur de $4^m,65$, elle n'a que $1^m,97$ de hauteur, ce qui ne permet pas au courant de s'y établir, de manière que les filets fluides puissent être considérés comme animés de vitesses à peu près égales et parallèles. L'air n'y arrive effectivement qu'après avoir traversé les orifices assez nombreux que lui présente un double volet à coulisse horizontal à larges rebords, qui occasionne au passage un rétrécissement très-considérable et qui réduit la section contractée à $11^{m \cdot q},044$ seulement, ainsi qu'on a pu le constater par des mesures directes, ce qui d'ailleurs, correspond à une valeur du coefficient de contraction voisine de 0,65.

Comme on n'a pu mesurer la vitesse que dans cette section contractée ou dans son voisinage, puisque le parallélisme des filets n'était pas établi, il s'ensuit, que pour avoir le volume d'air réellement débité, on a dû multiplier la valeur moyenne de cette vitesse, trouvée égale à $1^{m},05$ en $1''$ par l'aire $11^{m\cdot q},044$ de la section, ce qui a donné pour ce volume $7^{m\ c},418$ en $1''$ ou 26 703 mètres cubes par heure.

Mais outre l'orifice placé au-dessus du lustre, il y en a quatre autres terminant des cheminées d'appel venant de l'intérieur de la salle et débouchant dans le comble. Ces quatre orifices présentent ensemble une section de passage de $3^{m\cdot q},08$, et la vitesse moyenne d'écoulement de l'air qui y a été observée étant de $0^{m},63$ en $1''$, ils débitaient un volume égal à $1^{m\cdot c},24$ en $1''$ ou à 4464 mètres cubes en une heure, en admettant pour le coefficient de la contraction la valeur 0,64.

Par conséquent le volume total d'air qui le 17 avril 1863 était évacué de la salle ne peut être évalué qu'à

$$26\,703^{m\cdot c} + 4464^{m\cdot c} = 31\,167^{m\cdot c}$$

ce qui est bien inférieur à celui de 80 000 mètres cubes indiqué par M. Leblanc et est, je crois, beaucoup plus près de la vérité.

Ce volume total pour une salle qui n'a que 1600 places, correspond à $\frac{31\,167}{1600} = 19^{m\cdot c},20$ par heure et par spectateur, ce qui est aussi à peu près le volume d'air évacué à l'Opéra au moyen de dispositions analogues.

La Commission elle-même avait fait quelques observations dans la salle du Vaudeville, le 27 novembre 1860, et elle avait constaté les résultats suivants :

Avant le lever du rideau, le quart seulement des places étant occupé, et toutes les portes étant ouvertes, le volume d'air passant par la cheminée d'évacuation était, par heure, de 19 042 mètres cubes, à la température de 24°.

Le rideau étant levé, et les trois quarts des places étant occupées et les portes fermées, le volume d'air passant par

la cheminée d'évacuation n'était plus, par heure, que de 15 523 mètres cubes à 31°.

Le nombre de becs du lustre est de 72. Ils sont tous ronds et consomment en moyenne, ensemble, 10 mètres cubes de gaz par heure; par conséquent, la ventilation obtenue pendant la présence du public est d'environ 1550 mètres cubes d'air par heure, par mètre cube de gaz brûlé, y compris l'influence de la présence du public.

Les vitesses très-inégales dans la cheminée, à différentes distances du lustre, ont été, au centre, de $2^m,52$ dans le premier cas et $2^m,12$ dans le second; à $0^m,70$ environ du centre, de $0^m,88$ et $0^m,61$ dans le premier cas; et à $1^m,25$ environ du centre dans le second, de $0^m,61$ et $0^m,56$ selon les cas; ce qui montre à la fois que, par l'action de la chaleur du lustre, on peut obtenir une grande vitesse de sortie, et qu'il ne convient pas d'employer des cheminées d'évacuation trop larges, si l'on veut, ce qui est nécessaire à la stabilité du mouvement, avoir des vitesses à peu près égales dans toute la section.

La salle du Vaudeville ne pouvant guère contenir plus de 1024 personnes, on voit que cette ventilation n'équivaut qu'à 10 mètres cubes environ par heure et par auditeur, volume complétement insuffisant, et dont l'introduction et la distribution sont d'ailleurs mal assurées et mal réparties.

Si l'on admettait que le volume d'air évacué dans les différentes salles de spectacle par mètre cube de gaz brûlé fut le même, et de 1550 mètres cubes par heure, comme nous l'avons trouvé au théâtre du Vaudeville, et si l'on calculait d'après cette base le volume d'air extrait des diverses salles de spectacle par la cheminée du lustre, on trouverait les résultats suivants :

DÉSIGNATION des salles.	NOMBRE de spectateurs.	NOMBRE de becs ronds.	NOMBRE de bougies	CONSOMMATION de gaz par heure	VOLUME d'air écoulé par heure	VOLUME d'air écoulé par spectateur et par heure
				m.c.	m.c.	m.c.
Opéra.....	1753	98	»	15	23250	13,26
Opéra Italien.....	1330	16	180	16	24800	26,20
Opéra-Comique...	1600	45	180	20	31000	19,37
Vaudeville.....	1024	72	»	10	15500	10,3
Variétés.....	1231	8	120	10	15500	12,6
Palais-Royal.....	950	8	80	7	10850	11,42
Théâtre-Français .	1404	12	100	»	»	»

529. *Solutions nouvelles proposées pour l'éclairage.* — Les inconvénients de la disposition actuelle étant reconnus et signalés par plusieurs auteurs, il en a été proposé d'autres.

L'une, radicale, consisterait à supprimer le lustre, pour le remplacer par des capacités disposées au plafond de la voûte, éclairées à l'intérieur et transmettant, à travers des parois en verre, la lumière dans l'intérieur de la salle : c'est celle qui a été établie au théâtre du Cirque, au Théâtre-Lyrique et à celui de la Gaîté; l'autre, analogue, mais plus conforme aux usages et aux habitudes du public, conduirait à entourer le lustre d'une enveloppe de verre transparent ou dépoli, dans laquelle l'air nécessaire à la combustion arriverait par des conduits venant des combles, en même temps que les gaz résultant de cette combustion s'échapperaient par le sommet de l'enveloppe mis en communication avec une cheminée d'appel, où l'on utiliserait la puissance de la chaleur développée par ces gaz.

530. *Expériences sur les effets lumineux des lustres enveloppés.* — Mais, avant d'adopter une aussi grave modification aux usages et aux dispositions auxquelles le public est habitué, il était nécessaire de s'assurer au préalable de la manière dont fonctionneraient de semblables lustres, et de l'intensité comparative de la lumière qu'ils fourniraient.

A cet effet, deux lustres de 32 becs chacun ont été construits par MM. Chabrié, entrepreneurs d'appareils d'éclairage au gaz, sous la direction de M. Davioud, architecte, et installés dans la galerie d'expérimentation du Conservatoire des arts et métiers.

L'un de ces lustres est resté complétement libre, l'autre a été successivement entouré d'une enveloppe de verre dépoli et d'une enveloppe de verre poli. Mais, dans l'un et l'autre de ces deux derniers cas, l'arrivée de l'air sur les becs était disposée de telle façon que cet air affluait à peu près horizontalement sur les becs, et forçait ainsi la flamme à s'infléchir dans le même sens. Par cette disposition, l'on avait espéré augmenter la proportion de la lumière projetée de haut en bas dans la salle. Les résultats des expériences photométriques n'ont pas paru confirmer cette prévision.

En effet, de premières expériences ont conduit à reconnaître que la lumière transmise par le lustre enveloppé de verre poli n'était que les 0,66 de la lumière fournie par le lustre sans enveloppe, et que celle du lustre entouré de verre dépoli n'était que les 0,49 de celle du lustre libre.

Mais ces premières observations photométriques ayant été faites en s'éloignant à une assez grande distance dans le sens horizontal des lustres placés à la même hauteur, il pouvait être résulté de l'inclinaison donnée à la flamme que les cercles du lustre eussent occasionné l'interception de la lumière, et atténué ainsi l'intensité relative de celle que le lustre enveloppé envoyait au photomètre. On résolut donc de recommencer l'expérience, en faisant varier le moins possible la distance horizontale du photomètre à l'axe vertical des lustres, et en élevant ou abaissant ceux-ci de manière à obtenir des intensités égales pour les ombres. On se rapprochait ainsi, bien plus que dans la première expérience, du mode réel d'éclairage des lustres des salles de spectacle.

Ces nouvelles expériences ont donné des résultats qui se résument ainsi qu'il suit :

Rapports des intensités des lumières fournies par des lustres	sans enveloppe.....	1,000
	avec enveloppe en verre poli...	0,759
	avec enveloppe en verre dépoli.	0,652

Ces derniers résultats sont notablement plus favorables que les premiers, et ils se rapprochent beaucoup de ceux que l'on connaît, et qui indiquent que l'emploi du verre dépoli occasionne une perte de lumière de 0,24 à 0,30.

Il y a lieu de remarquer que la vacillation de la lumière des becs dans les lustres enveloppés, bien que très-notable, n'était cependant pas plus grande que celle que l'on remarque ordinairement dans les lustres à becs libres, et que, sous ce rapport, la lumière n'était pas dans des conditions plus défavorables dans les uns que dans les autres.

Il reste donc, dès à présent, établi par ces expériences, que l'emploi des enveloppes en verre poli ou en verre dépoli est praticable, et que, moyennant une augmentation du nombre des becs dans le rapport de :

1,00 à 0,76 ou de 100 à 132 pour le verre poli,

et de 1,00 à 0,65 ou de 100 à 154 pour le verre dépoli,

on pourrait, avec des lustres analogues à ceux qui ont été essayés, obtenir à égale distance la même lumière qu'avec les lustres actuels, qui n'ont ni verres ni enveloppes.

Mais il faut remarquer cependant que l'usage d'une enveloppe implique la surélévation du lustre, et l'accroissement de la distance à laquelle il doit être placé des divers étages de loges. En admettant que, par ce changement, la distance du lustre aux premières loges soit accrue dans le rapport de 5 à 4 seulement, l'intensité des effets lumineux décroîtrait dans celui de 25 à 16, et, par conséquent, le nombre des becs devrait être augmenté par cette seconde cause dans le même rapport; de sorte qu'en définitive, pour obtenir avec l'un ou l'autre des systèmes de lustres enveloppés, que l'on

a essayés, la même intensité de lumière qu'avec un lustre libre, il faudrait augmenter le nombre des becs dans le rapport de 100 à $132 \times \frac{25}{16}$ ou de 100 à 206 pour le verre poli, et de 100 à $154 \times \frac{25}{16}$ ou de 100 à 240 pour le verre dépoli.

Si l'on se contentait, par exemple, d'obtenir le même éclairage que dans la salle du Vaudeville, qui contient 1040 spectateurs et dont le lustre a 72 becs ronds consommant ensemble 10 mètres cubes de gaz par heure, ou $0^{m.c},140$ par bec, l'on voit qu'il faudrait employer $72 \times 2.4 = 172.8$ becs, qui consommeraient 24 mètres cubes de gaz par heure.

Mais il ne faut pas oublier que, dans le volume d'air évacué par les cheminées actuelles des salles, celui que, sans l'action du lustre, l'élévation seule de la température de la salle ferait naturellement sortir entre pour une proportion qui est peut-être de beaucoup la plus considérable, et que l'on se propose précisément de réduire, s'il est possible, le volume d'air qui passera par la cheminée du lustre à ce qui serait presque strictement nécessaire pour assurer la combustion du gaz. On devra chercher, il est vrai, à utiliser la haute température de cet air pour activer l'appel des orifices et des canaux d'évacuation, mais il y a lieu de croire que l'effet obtenu ne sera pas aussi grand que dans l'état actuel des choses, attendu que la température de l'air, ainsi envoyé dans la cheminée, serait augmentée de beaucoup.

En ne comptant néanmoins que sur une évacuation de 1000 mètres cubes d'air, produite directement ou indirectement, par mètre cube de gaz brûlé par le lustre enveloppé, nous obtiendrions encore un volume de 24 000 mètres cubes, c'est-à-dire à peu près la moitié du volume de 50 000 mètres cubes, fixé par la Commission pour le Théâtre-Lyrique.

Les autres becs répartis dans les corridors, ceux qui font partie des demi-lustres appliqués à l'intérieur, consomment au moins autant de gaz que ceux du lustre, et l'on voit qu'il y aurait lieu d'espérer que, par le seul effet de la chaleur dé-

veloppée par ces appareils, l'appel de l'air serait stimulé avec une grande énergie.

Mais une question importante était celle de savoir quelles sont les proportions qu'il convient de donner à la cheminée d'évacuation des gâz brûlés du lustre, pour qu'il y passe, à une température convenable, un volume d'air suffisant pour assurer la bonne combustion, mais assez restreint en même temps pour ne pas nuire à la ventilation générale.

Tel a été l'objet des expériences qui ont été exécutées au Conservatoire des arts et métiers, le 8 mars 1861, et dont les résultats sont compris dans le chapitre v, ce qui nous permettra d'en introduire ici seulement les conséquences.

Après cet examen des résultats des expériences sur les lustres libres ou enveloppés, la Commission, considérant la question au point de vue de l'art et des habitudes du public, s'est demandé s'il n'y avait pas, sous ces deux rapports, des inconvénients, des critiques sérieuses à craindre dans la suppression ou du moins dans la diminution de l'éclat que cet appareil répand dans la salle.

S'il est vrai que, d'une part, la décoration théâtrale, à laquelle les plus habiles artistes ne dédaignent pas de concourir, perde beaucoup de son effet, et par suite de sa valeur, quand l'intérieur de la salle est splendidement éclairé; si le lustre dans sa position ordinaire incommode les spectateurs des loges supérieures, il ne l'est pas moins que l'aspect de l'intérieur de la salle, la diffusion de la lumière sur les loges, sur les spectateurs qu'elles contiennent, ne soient pour le public un attrait puissant, qui contribue pour une bonne part à la fréquentation des spectacles.

On sait d'ailleurs que l'on peut, quand cela est jugé nécessaire pour faire valoir les effets de la décoration, modérer à volonté l'intensité de toutes les lumières.

Par ces motifs, MM. les architectes, membres de la Commission, ont émis l'opinion qu'il était à désirer que le mode d'éclairage actuel par le lustre ne fût modifié que le moins

possible, surtout quant à l'intensité de la lumière reçue aux divers étages de loges.

La Commission avait cependant été informée que diverses tentatives avaient été faites pour éclairer de vastes locaux et même des salles de spectacle, en supprimant complétement le lustre et en le remplaçant par un plafond transparent éclairé à son intérieur, et qui, comme une sorte de voûte étoilée, devait répandre dans la salle toute la lumière nécessaire.

On devait bien s'attendre que cette modification conduirait à une augmentation de la dépense de gaz d'éclairage, mais on pouvait aussi penser qu'une partie de la chaleur développée par la combustion du gaz serait utilisée pour la ventilation.

Malgré ces renseignements et cette considération, la Commission n'a pas cru devoir conseiller l'emploi d'un semblable dispositif sur lequel elle n'avait pu recueillir des données et des résultats d'expérience suffisants, et elle a pensé devoir d'abord rechercher s'il était possible d'utiliser la chaleur du lustre d'une manière plus favorable qu'on ne l'avait fait jusqu'ici.

531. *Nécessité et moyens de limiter l'appel d'air fait par le lustre.* — *Expériences.* — En conservant le lustre actuel, l'emploi de la chaleur qu'il développe ne peut être un auxiliaire utile et sans inconvénient de la ventilation générale de la salle, qu'autant qu'il n'en résulterait pas de l'intérieur à l'extérieur de cette salle un appel assez énergique pour contrarier les autres appels sur l'action desquels on croit devoir compter.

Si donc on n'a pas recours à des lustres complétement enveloppés ou à quelque disposition plus radicale encore, et si l'on veut conserver au lustre sa forme et son apparence actuelles, il est au moins indispensable de proportionner la cheminée d'évacuation des gaz de la combustion, de manière qu'elle suffise pour bien assurer cette combustion, mais que le volume d'air qu'elle fera sortir de la salle n'excède que le moins possible celui qui est nécessaire.

D'un autre côté, le rétrécissement de la cheminée devant produire une élévation très-sensible de la température des gaz évacués, il convenait de la constater, pour s'assurer si elle restait dans des limites acceptables.

Enfin, cette température et la vitesse d'évacuation de l'air étant des éléments importants de l'action que l'on voulait utiliser, il était utile de déterminer cette vitesse

Tel a été le but des expériences sur l'écoulement de l'air par la cheminée d'un lustre enveloppé qui ont été rapportées au chapitre v et dont nous ne reproduirons ici que les conséquences suivantes :

1° Sans changer la forme ni la disposition actuelle des lustres, on peut limiter considérablement le volume d'air dont ils déterminent l'évacuation, de manière à ce qu'il n'en résulte aucun trouble pour les appels d'air qui doivent être faits en d'autres points de la salle ;

2° D'une autre part la température de l'air évacué par la cheminée dans le cas de la plus grande réduction de son orifice, ne s'étant élevée qu'à 132°, l'on voit qu'elle est restée dans des limites très-acceptables, et que le volume d'air et de gaz ainsi échauffés pourra être d'un utile concours pour l'appel à produire par la cheminée centrale.

352. *Proportions à donner au tuyau d'évacuation des gaz d'un lustre.* — Puisque les expériences faites sur un lustre de 34 becs surmonté d'une cheminée cylindrique nous ont montré d'une part qu'il suffisait pour assurer une bonne combustion de faire évacuer par le tuyau placé au-dessus du réflecteur, 10 mètres cubes d'air au plus par mètre cube de gaz brûlé ; et d'une autre part qu'en surmontant une semblable cheminée par un ajutage conique, la quantité de chaleur utilisée ou emportée par l'air évacué est d'autant plus grande que l'orifice de l'ajutage se rapproche davantage de celui du tuyau et atteint la proportion de 0,468 de la chaleur développée en évacuant de l'air à 78°, il est plus que pro-

bable, et l'on peut admettre qu'avec un tuyau cylindrique sans ajutage, en évacuant l'air à 80°, on communiquerait à l'air sortant les 0,50 de la chaleur totale développée par la combustion du gaz, et que l'on n'appellerait pas dans une salle plus de 150 mètres cubes d'air environ par mètre cube de gaz brûlé.

D'après cela, si nous supposons que, dans une salle de spectacle, l'on emploie un lustre de 200 becs, brûlant chacun $0^{m\cdot c},100$ à l'heure, ou en tout 20 mètres cubes de gaz, nous voyons d'abord que l'appel d'air intérieur que ferait ce lustre serait réduit à 3000 mètres cubes d'air par heure, ou à $0^{m\cdot c},833$ en 1″. Tel est le volume que le tuyau du lustre devra laisser écouler.

Pour déterminer le diamètre de ce tuyau, supposons d'abord qu'approximativement la vitesse de l'air soit de 4 mètres en 1″, comme nous l'avons obtenu dans les expériences et dans des conditions moins favorables.

La section de ce tuyau devra être égale à

$$\frac{0^{m\cdot c},833}{4} = 0^{m\cdot q},208,$$

et son diamètre à

$$d = \sqrt{0.208 \times 1.173} = 0^{m},515.$$

Si maintenant nous supposons que le tuyau qui sert de cheminée d'évacuation au lustre ait seulement une hauteur $H = 10^{m}$, que la température extérieure soit de 10°, celle de l'air qui s'échappe par la cheminée à 80°, nous en déduirons

$$\frac{8L}{D}\beta = \frac{8 \times 10}{0.515} \times 0,00315 = 0.489;$$

nous avons

$$2ga = 0,07119 \qquad t - T = 70^{0}.$$

La formule nous donne

$$V = 0.80 \sqrt{\frac{\frac{2ga(t-T)H}{1+aT}}{1+\frac{8L}{D}\beta}} = 4^{m},560.$$

Ce qui, comme on le voit, s'éloigne peu de la vitesse de 4 mètres que nous avons supposée à l'origine.

Le volume d'air évacué serait donc, en admettant toujours la vitesse de 4 mètres, de 3000 mètres cubes en 1 heure à la température de 80°, et il amènerait dans la cheminée d'évacuation

$0^{m \cdot c}, 833 \times 1.004 \times 80 \times 0.234 = 1565$ unités de chaleur

en 1″ ou 56340 unités en 1 heure.

Si, comme il est permis de le penser d'après l'observation d'appareils de ventilation analogues, il suffit d'obtenir dans la cheminée générale d'évacuation une température supérieure de 25° à celle de l'air extérieur, l'on voit que la chaleur totale à communiquer aux 120 000 mètres cubes nécessaires pour 2000 spectateurs à raison de 60 mètres cubes par heure d'air pris à 20° et par spectateur serait $120\,000 \times 1.204 \times 25^{\circ} \times 0.234 = 842\,400$ calories, et que la chaleur du lustre n'en fournirait que

$$\frac{56340}{842400} = \frac{1}{14.75.}$$

Mais il faut bien remarquer que, si le parti que la ventilation peut tirer de la chaleur du lustre est aussi faible, cela provient uniquement de ce que l'on veut restreindre autant que possible l'appel d'air que ce lustre tend à faire dans la salle, afin que son action ne contrarie pas le reste de la ventilation.

Il n'en est pas de même des autres appareils d'éclairage qui peuvent et doivent être presque tous utilisés très-directement pour aider à l'appel de l'air vicié, et il est plus que probable, d'après les résultats connus d'expérience que chaque mètre cube de gaz brûlé produira au moins l'évacuation de 500 mètres cubes d'air.

Si donc il y a 200 becs de gaz, outre ceux du lustre, et que chacun d'eux brûle en moyenne $0^{m \cdot c}, 100$ à l'heure, ce qui correspondrait à 20 mètres cubes de gaz brûlés par heure, le

volume d'air vicié, que la chaleur développée par ce gaz ferait évacuer, pourrait s'élever à $20^{m\cdot c}, \times 500 = 10\,000^{m\cdot c}$

Le lustre en enlevant..... 3000

L'ensemble des appareils d'éclairage produirait dans les proportions actuelles l'évacuation de $13\,000^{m\cdot c}$

ou le $\frac{1}{9}$ du volume total estimé à $2000 \times 60 = 120\,000$ mètres cubes.

Mais si, au lieu d'un lustre de 200 becs de gaz, l'on éclaire la salle à l'aide d'une sorte de voûte étoilée employant comme l'a fait aux deux théâtres de la place du Châtelet un très-grand nombre de becs de gaz, les conditions seront tout à fait changées.

Aussi, avec 1180 becs, nombre qui a été installé au Théâtre-Lyrique, consommant chacun $0^{m\cdot c},100$ ou ensemble 120 mètres, en admettant même que, malgré l'avantage que procurerait une moindre élévation de température, chaque mètre cube de gaz ne produisît qu'une évacuation de 500 mètres cubes d'air.

Cet éclairage seul déterminerait l'évacuation de $1180^{m\cdot c} \times 500..... = 59\,000^{m\cdot c}$

Les 200 becs répartis dans la salle produisant toujours celle de..... 10 000

Le volume total d'air vicié que les appareils d'éclairage ferait appeler et évacuer serait de $69\,000^{m\cdot c}$ par heure.

L'on verra plus loin que les résultats obtenus au Théâtre-Lyrique ne s'éloignent pas beaucoup de ce chiffre.

333. *Utilisation des appareils d'éclairage des loges et des corridors.* — Pour tous les appareils autres que les lustres, on adoptera des dispositions analogues à celles que nous avons indiquées en parlant des habitations particulières.

534. *Emploi de becs de gaz auxiliaires pour activer les appels.* — Enfin il sera prudent de se réserver pour des cas défavorables, où l'air extérieur étant très-chaud, l'énergie des appels se trouverait accidentellement trop faible, la facilité de recourir aux moyens auxiliaires dont j'ai fait connaître l'énergie au chapitre v par les expériences exécutées en diverses circonstances.

Je veux parler de l'installation d'un certain nombre de becs de gaz dans les principales cheminées d'appel, afin d'y développer, au besoin, un supplément de chaleur.

Il avait été alloué pour ce moyen supplémentaire aux deux théâtres de la place du Châtelet un nombre de becs de gaz susceptibles de consommer pour le Théâtre-Lyrique 12 à 13 mètres cubes de gaz par heure, et pour celui du Cirque 18 mètres cubes, dans l'hypothèse où l'on aurait employé un lustre ordinaire et une cheminée d'évacuation convenablement construite, mais cette allocation eut peut-être été un peu faible.

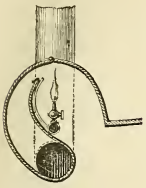
535. *Éclairage de la rampe.* — Il avait été exprimé dans le sein de la Commission, dès ses premières séances, par son président, M. Dumas, le vœu que l'on recherchât un moyen d'atténuer les fâcheux effets que l'intensité de la lumière de la rampe produit sur la vue des acteurs, et d'éviter les dangers que la flamme de ces lumières leur fait courir. A cette occasion le rapporteur a proposé un dispositif qui, tout en satisfaisant à ces deux points de vue, permettrait, en outre, d'utiliser pour la ventilation la chaleur de ces becs de gaz.

Des essais ont été répétés au Conservatoire des arts et métiers en présence la Commission, et ils ont montré, dès l'abord, qu'il était facile d'envelopper les becs de manière à éviter les chances de feu et d'appeler à l'extérieur les gaz produits par la combustion.

Le dispositif proposé consiste à entourer les becs d'une enveloppe cylindrique, dont la partie postérieure, convexe et tournée du côté de la salle, est formée intérieurement d'un

métal poli qui, par la partie concave, réfléchit la lumière vers la scène, tandis que la partie antérieure serait en verre poli ou dépoli.

Fig. 59.



En arrière des becs, entre eux et l'enveloppe, est une seconde enveloppe métallique, concentrique à la première, et qui forme avec elle un conduit courbe, terminé à un tuyau horizontal parallèle et inférieur à la rampe, lequel doit communiquer à chacune de ses extrémités avec des tuyaux verticaux d'évacuation des gaz de la combustion. L'air nouveau est introduit par des ouvertures ménagées en avant des becs.

L'enveloppe antérieure en verre doit être placée à une distance convenable, pour que l'action de la chaleur ne la fasse pas rompre; dans le service courant, il conviendrait d'ailleurs de l'échauffer graduellement. Outre cette première enveloppe faite en verre poli ou dépoli, selon ce que l'observation indiquera, il serait possible de disposer en avant d'autres enveloppes mobiles en verre de couleur, selon les effets lumineux que l'on voudrait produire sur la scène.

Les premiers essais exécutés en décembre 1860 * avec un dispositif de ce genre, dont la construction a été confiée à MM. Chabrié père et fils, ont montré qu'il fonctionnait fort bien, et que l'appel des gaz de la combustion se produisait sans occasionner dans la flamme des becs des vacillations désagréables.

Mais il était nécessaire, en outre, de faire des expériences photométriques pour constater les différences d'intensité que pouvait occasionner l'emploi des enveloppes en verre poli ou en verre dépoli, afin de régler en conséquence le nombre des becs de gaz à employer.

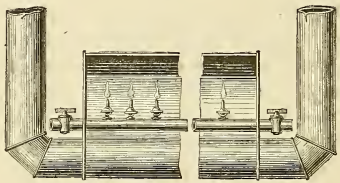
---

* Les instructions pour l'établissement de cet appareil ont été données à MM. Chabrié, dans la seconde quinzaine de novembre 1860. Il a été apporté au Conservatoire et installé dans la galerie d'expérimentation, le 6 septembre 1860, après avoir été essayé chez les constructeurs. Il est resté exposé au public dans cette galerie pendant près de trois mois.

C'est ce qui a été fait au Conservatoire des arts et métiers, le 3 et le 25 janvier 1861. La première expérience a été exécutée en présence de la Commission, et la seconde a eu pour objet de donner plus de précision aux résultats numériques.

556. *Expériences photométriques faites le* 25 *janvier* 1861 *au Conservatoire des arts et métiers.* — Dans ces expériences, on s'est proposé de comparer l'intensité de la lumière fournie par un bec de gaz contenu dans une enveloppe analogue à celle que l'on a décrite plus haut, selon que cette enveloppe est en verre dépoli ou en verre poli.

Fig. 60.



On a de plus comparé l'intensité de la lumière de ces becs, selon qu'ils étaient alimentés avec du gaz carburé et recouverts de verre poli ou dépoli, afin de s'assurer si l'accroissement d'intensité lumineuse obtenue avec le gaz carburé compenserait la diminution occasionnée par le verre dépoli.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES PHOTOMÉTRIQUES.

DÉSIGNATION DES BECS.	DISTANCE des becs au photomètre.	QUARRÉS des distances.	RAPPORT des intensités.	OBSERVATIONS.
	m.			
1. Bec A de droite recouvert de verre dépoli....	1,26	1,5876	$\frac{\text{Intensité de A}}{\text{Intensité de B}} = 0,75$	Dans tous les cas, les becs étaient recouverts d'un verre poli, sur lequel on ajoutait, pour certaines expériences, un verre dépoli, comme cela est indiqué.
Bec B de gauche sans verre dépoli.....	1,46	2,1316		
2. Bec A de droite recouvert de verre dépoli, avec gaz carburé.....	1,66	2,7556	$\frac{\text{Intensité de A}}{\text{Intensité de B}} = 1,82$	
Bec B de gauche sans verre dépoli, avec gaz non carburé.....	7	1,5129		
3. Même comparaison que ci-dessus, en retirant les réflecteurs et le verre dépoli :				
Bec A de droite, verre poli, avec gaz carburé.	0,95	0,9025	$\frac{\text{Intensité de A}}{\text{Intensité de B}} = 3,21$	Sans réflecteurs.
Bec B de gauche, verre poli, avec gaz non carburé.....	0,53	0,2809		

NOTA. Avant l'exécution des expériences, l'on avait eu le soin de régler les becs A et B de manière que, dans des conditions identiques, leurs lumières eussent la même intensité.

537. *Conséquences des expériences précédentes.* — Il résulte donc de ces expériences : 1° que l'emploi de l'enveloppe de verre dépoli diminuerait l'intensité de la lumière dans le rapport de 100 à 75, et que par conséquent, pour assurer avec cette enveloppe un éclairage équivalent à celui que l'on obtient sans enveloppe, il faudrait augmenter le nombre des becs dans le rapport de 100 à 133; 2° que, par une combinaison convenable de la carburation et de l'emploi d'une enveloppe en verre dépoli, l'on peut augmenter l'intensité de la lumière que fournirait un bec ordinaire avec enveloppe de verre dans un rapport voisin de celui de 2 à 1.

Mais, en ce qui concerne l'emploi des gaz carburés dans l'éclairage intérieur des lieux publics, la question industrielle de la production des matières propres à opérer cette carburation a paru trop incertaine et trop complexe pour que la Commission ait cru devoir, dès à présent, en admettre l'emploi, qui d'ailleurs ne paraît pas exempt de danger.

538. *Éclairage de la scène par une rampe placée au-dessous du plancher.* — Deux ou trois mois après les essais faits sur une rampe enveloppée dans le double but de préserver les acteurs des chances d'accidents, et d'utiliser pour la ventilation la chaleur développée par les becs d'éclairage de la rampe, M. Lissajous, professeur de physique, a proposé un dispositif différent qui a été exécuté avec certaines modifications par M. Melon et appliqué au théâtre de l'Opéra.

Cette rampe est placée au-dessous du plancher de la scène, et n'est visible ni pour le public, ni pour les acteurs. Elle est enveloppée, comme la précédente, et les gaz de la combustion s'échappent par deux cheminées placées aux deux extrémités; mais on ne s'est pas proposé de les utiliser pour la ventilation. Ce qui caractérise particulièrement ce dispositif, c'est que la lumière fournie par les becs de gaz est, à l'aide de miroirs courbes convenablement disposés, réfléchie et renvoyée sur la scène. Les résultats obtenus pour cette rampe qui, à ses avantages propres, réunit ceux que l'on

s'était proposé d'obtenir avec celui que nous avons essayé au Conservatoire, ont paru assez grands pour déterminer son adoption d'abord à l'Opéra, et depuis pour l'un des nouveaux théâtres de la place du Châtelet. Elle n'a cependant été conservée qu'à l'un de ces théâtres, probablement par suite de quelque défaut d'installation.

539. *Observation sur les précautions à prendre dans la construction.* — Il n'est pas inutile de faire remarquer que la circulation de l'air chaud, à des températures assez peu élevées, de 100°, par exemple, paraît exercer, par sa continuité, sur les bois, une influence désorganisatrice assez sensible. La prudence doit donc engager à n'employer que du fer ou de la maçonnerie comme matériaux de construction dans le voisinage des tuyaux que l'air devrait parcourir à des températures aussi élevées, ce qui, du reste, arrivera rarement.

540. Il y a lieu d'espérer que les moyens précédents, convenablement appliqués, suffiront dans la saison d'hiver, où l'abaissement de la température extérieure contribuera naturellement à favoriser l'action des appels; mais il peut y avoir, même dans cette saison, et en particulier à l'époque des bals, telles circonstances qui exigent un surcroît d'énergie dans la ventilation. D'ailleurs, l'été, l'action des calorifères et celle de l'air qu'ils fournissent faisant défaut, tandis qu'à l'inverse l'élévation de la température extérieure devient une difficulté de plus, il paraît indispensable de ménager des moyens auxiliaires pour assurer et même pour accroître l'activité des appels.

La Commission a pris connaissance de quelques-uns des résultats obtenus dans les recherches qui s'exécutent, soit au Conservatoire des arts et métiers, soit dans quelques établissements publics, avec l'autorisation et le concours de la Direction de l'Assistance publique.

Sans reproduire ici les résultats de ces recherches, qui sont rapportés dans les chapitres précédents, je me bornerai à rappeler que l'addition d'un certain nombre de becs de gaz,

convenablement répartis dans une cheminée d'appel de hauteur suffisante, y produit un surcroît très-notable de ventilation.

Il y a donc là un moyen auxiliaire puissant, d'un usage tellement commode et rapide, si facile à faire agir, à modérer ou à suspendre, qu'il peut, malgré le prix du gaz, devenir même économique en certaines occasions, et qu'en tout cas, il importe de se réserver les moyens de l'utiliser.

On doit ajouter que cet usage de la chaleur des becs de gaz, comme moyen auxiliaire, ne doit nullement dispenser pendant l'été de se servir des foyers ordinaires établis au bas des cheminées d'évacuation de l'orchestre et du parterre, pour y déterminer une élévation de température qui active l'appel à l'intérieur de la salle; mais il sera nécessaire de faire circuler la fumée et les gaz provenant de ces foyers dans des tuyaux particuliers contenus dans les cheminées, pour éviter les dangers du passage de la fumée par quelques-uns des tuyaux d'appel. Il peut, en effet, dans les salles de spectacle, se produire tant de variété dans les courants d'air, par des circonstances impossibles à prévenir, qu'il importe de se mettre en garde contre toutes les éventualités.

On ne terminera pas sans faire remarquer que si, pour la stabilité de la ventilation, il est nécessaire que l'air ait à sa sortie une certaine vitesse, que l'on peut obtenir par un rétrécissement convenable du débouché supérieur des cheminées, il faut aussi, pour bien utiliser la chaleur, que la vitesse de ces cheminées ne dépasse pas certaines limites.

341. *Dispositions à prendre pour assurer et régler le service du chauffage et de la ventilation.* — Ces deux services ne peuvent être assurés que par une observation régulière des circonstances atmosphériques, du nombre des spectateurs, et une grande attention dans l'emploi opportun des moyens. Il n'y a en réalité rien de difficile dans le maniement des appareils, mais il faut y mettre du soin, et l'on ne peut s'en rapporter à un seul homme, et encore moins aux directeurs des

théâtres, toujours intéressés à dépenser le moins de charbon et de gaz possible. Il est donc indispensable d'en confier la surveillance à des agents spéciaux, responsables de la régularité du service; sans un pareil contrôle, régulier, indépendant des entreprises théâtrales, les meilleurs appareils peuvent donner de mauvais résultats ou cesser complétement de fonctionner. Nous en fournirons des exemples plus loin.

342. *Programmes adoptés pour la rédaction des nouveaux projets.* — C'est d'après l'ensemble des expériences et des observations précédentes, que la Commission avait adopté les programmes suivants pour la construction des appareils de chauffage et de ventilation des deux nouveaux théâtres de la place du Châtelet.

Théâtre-Lyrique.

1. Le chauffage de la salle, des vestibules, des escaliers, des corridors, de la scène, des foyers et des loges d'artistes, sera fait par des calorifères à air chaud.

La température moyenne dans tous ces locaux ne devra pas descendre en hiver au-dessous de 15° centigrades.

2. La prise d'air générale aura lieu par une galerie qui ira déboucher dans le jardin public voisin, au-dessus du niveau des hautes eaux. Des dispositions seront prises pour que l'air affluent puisse être, selon les besoins, dirigé soit dans les calorifères, soit dans la chambre à air.

3. L'introduction de l'air nouveau aura lieu :

1° Comme l'avait proposé Darcet, au-dessous des loges, des galeries et des amphithéâtres, par des doubles fonds disposés à cet effet sur tout le pourtour de chaque étage;

2° Par l'avant-scène et par des ouvertures ménagées dans les parois verticales des murs qui séparent la scène de la salle;

3° Par des ouvertures auxiliaires destinées à la ventilation

d'été et ménagées, s'il est possible, sous les planchers des corridors à chaque étage de loges, et prenant l'air à l'extérieur.

4. L'évacuation de l'air vicié de la salle aura lieu par des bouches d'appel placées au niveau et au fond du sol des loges et des galeries, ou dans les parois verticales des gradins des amphithéâtres.

5. La ventilation aura lieu par appel, en utilisant la chaleur du lustre, et, autant que possible, celle de tous les autres appareils d'éclairage, au moyen de conduits d'évacuation des gaz de la combustion, que l'on mettra en communication avec les cheminées disposées à cet affet.

6. La fumée des calorifères sera, par des tuyaux spéciaux, envoyée dans les mêmes cheminées, et l'air chaud surabondant que les calorifères fourniraient à certains moments sera dirigé dans ces cheminées.

7. Des foyers spéciaux pour la ventilation d'été seront disposés au bas des cheminées d'évacuation latérales. Leur fumée y sera isolée.

8. Des becs de gaz auxiliaires seront installés dans ces cheminées pour activer l'appel et le renouvellement de l'air, particulièrement en été.

9. Il pourra être établi, au centre de l'édifice, une cheminée d'évacuation, qui sera mise en communication avec les tuyaux d'échappement des gaz du lustre et d'autres appareils d'éclairage.

10. Le volume d'air à extraire de la salle ne devra pas être inférieur à 30 mètres cubes par heure et par spectateur, soit 51 000 mètres cubes pour un auditoire supposé de 1700 spectateurs.

Théâtre du Cirque.

1. Le chauffage de la salle, des vestibules, des escaliers, des

corridors, de la scène, des foyers et des loges d'artistes, sera fait par des calorifères à air chaud.

La température moyenne de tous ces locaux ne devra pas descendre en hiver au-dessous de 15° centigrades.

2. La prise d'air générale aura lieu par une galerie qui passera sous le quai, en débouchant au-dessous du niveau des hautes eaux. Des dispositions seront prises pour que l'air affluent puisse être, selon les besoins, dirigé soit dans les calorifères, soit dans la chambre à air.

3. L'introduction de l'air nouveau aura lieu :

1° Comme l'avait proposé Darcet, au-dessous des loges, des galeries et des amphithéâtres, par des doubles fonds disposés à cet effet sur tout le pourtour de chaque étage ;

2° Par l'avant-scène et par des ouvertures ménagées dans les parois verticales des murs qui séparent la scène de la salle ;

3° Par des ouvertures auxiliaires destinées à la ventilation d'été et ménagées, s'il est possible, sous les planchers des corridors à chaque étage de loges, et prenant l'air à l'extérieur.

4. L'évacuation de l'air vicié de la salle aura lieu par des bouches d'appel placées au niveau et au fond du sol des loges ou des galeries, ou dans les parois verticales des gradins des amphithéâtres.

5. La ventilation aura lieu par appel, en utilisant la chaleur du lustre, et, autant que possible, celle de tous les autres appareils d'éclairage, au moyen de conduits d'évacuation des gaz de la combustion, que l'on mettra en communication avec les cheminées disposées à cet effet.

6. La fumée des calorifères sera, par des tuyaux spéciaux, envoyée dans les mêmes cheminées, et l'air chaud surabon-

dant que les calorifères fourniraient à certains moments sera dirigé dans ces cheminées.

7. Des foyers spéciaux pour la ventilation d'été seront disposés au bas des cheminées d'évacuation latérales. Leur fumée y sera isolée.

8. Des becs de gaz auxiliaires seront installés dans ces cheminées pour activer l'appel et le renouvellement de l'air, particulièrement en été.

9. Il pourra être établi, au centre de l'édifice, une cheminée d'évacuation qui sera mise en communication avec les tuyaux d'échappement des gaz, du lustre et d'autres appareils d'éclairage.

10. Le volume d'air à extraire de la salle ne devra pas être inférieur à 30 mètres cubes par heure et par spectateur, soit à 90 000 mètres cubes pour un auditoire de 3000 personnes.

11. Les cheminées d'appel voisines de la scène seront spécialement utilisées pour l'évacuation des gaz de la poudre, dans les combats figurés.

Il sera disposé un certain nombre de becs de gaz d'éclairage auxiliaires, et des orifices spéciaux d'appel pour le même usage.

543. *Dispositions exécutées au Théâtre-Lyrique.* — Les dispositions exécutées au Théâtre-Lyrique pour y assurer la ventilation ont été dans leur ensemble et dans leurs proportions générales à peu près conformes aux prescriptions du rapport de la Commission et au projet adopté par elle, principalement en ce qui concerne la ventilation d'hiver. Mais il n'en a pas été de même, quant à ce qui avait été plus particulièrement indiqué pour la saison d'été. J'indiquerai plus loin comment l'on s'est écarté de ces prescriptions, et je vais faire connaître d'abord ce qui a été exécuté.

Soubassement ou sous-sol. — La prise d'air est faite dans

le square voisin au moyen d'un puits circulaire et de $3^m,50$ de diamètre, qui, par un conduit souterrain, d'abord cylindrique de $3^m,40$ de diamètre, et ensuite de sections variables commandées par les conditions de la construction, mais offrant toujours à très-peu près la même superficie, l'amène dans le soubassement du bâtiment (pl. XIV) et s'épanouit sous toute l'étendue occupée par les calorifères et les chambres à air.

Il alimente, d'une part, les calorifères par leur partie inférieure, et de l'autre, les chambres de mélange d'air chaud et d'air froid A A, qui s'étendent sous toute la largeur de la salle. Le conduit de prise d'air ayant ainsi $9^{m.q},08$ de section, et le volume d'air que l'on désirait introduire pouvant s'élever à 51 000 mètres cubes par heure ou à 14 mètres cubes en une seconde, la vitesse de passage de l'air eût été de $1^m,42$ par seconde, ce qui est un peu trop considérable, et fait regretter que les dispositions adoptées n'aient pas permis de donner de plus grandes dimensions au conduit d'air nouveau.

L'expérience a montré, en effet, que la vitesse moyenne de passage de l'air dans ce conduit n'était que de $0^m,74$ à $0^m,80$ en une seconde, et que par conséquent la section aurait dû être de 16 à 17 mètres carrés.

Au sujet de ces conduits de prise d'air, la Commission a appelé l'attention de M. l'architecte sur la nécessité absolue de rendre les galeries et tous les espaces du sous-sol complétement étanches et à l'abri, non-seulement des inondations, mais encore de toute infiltration. Si cette condition n'avait pu être remplie, il aurait fallu renoncer à l'introduction de l'air par des galeries souterraines.

344. Rez-de-chaussée.—Ainsi qu'on vient de le dire, une partie de l'air nouveau traverse les calorifères et débouche dans la chambre de mélange. Le reste, en volume variable, selon les besoins du service, afflue dans cette chambre par deux conduits verticaux placés à côté des calorifères et dans les deux coffres de mélange A (pl. XIV), où il prend la tem-

pérature convenable à l'introduction dans la salle. Ces deux chambres ont ensemble un volume de 185 mètres cubes environ, ce qui paraît suffisant pour opérer le mélange de l'air à une température uniforme. Des dispositions prises empêchent d'ailleurs qu'il ne s'établisse des températures très-différentes aux diverses hauteurs, ce qui aurait eu l'inconvénient grave de fournir des courants d'air à des températures inégales dans les diverses parties de la circulation.

Les deux calorifères destinés au chauffage de la salle présentent ensemble à l'air une section maximum de 9 mètres carrés, ce qui correspondrait, pour un volume d'air à chauffer de 25 000 mètres cubes au plus par heure et de $6^{m\cdot c},95$ par seconde, à une vitesse de passage de $0^{m},77$ par seconde, ce qui est acceptable. Ils sont plus que suffisants pour les besoins.

De la chambre à air et de chacun de ses compartiments AA partent six conduits, dont

Deux sont destinés à alimenter les conduits d'air nouveaux aux divers étages;

Deux devaient fournir l'air à faire affluer sur la scène et dans la salle concentriquement à la rampe;

Deux devaient amener l'air dans les conduits ménagés à l'intérieur de la scène, contre le mur qui la sépare de la salle.

Outre les deux calorifères principaux destinés à la salle, il y en a quatre autres, dont deux pour le chauffage des vestibules, des escaliers, du foyer et autres dépendances, et deux pour le service des loges et des foyers d'artistes, ainsi que pour celui de la scène.

345. Entresol.— *Orchestre et parterre.—Arrivée de l'air.*— Ainsi qu'on vient de le dire, l'air nouveau devait arriver au parterre en partie par une ouverture GG, concentrique à la rampe et recouverte d'une grille dont le développement était d'environ 12 mètres sur une largeur de $0^{m},30$, présentant ainsi un orifice de $3^{m\cdot q},60$ dont les 0,75 ou $2^{m\cdot q},70$ seulement pouvaient être considérés comme libres.

Le reste de l'air à fournir à cet étage de places devait déboucher par des orifices grillés, ouverts dans les conduits H placés à l'intérieur de la scène.

D'après le projet, la hauteur de ces orifices correspondant à l'orchestre et au parterre devait être au plus de 2 mètres, et leur largeur de $0^{m},20$, ce qui, pour les deux côtés, aurait donné un débouché de $0^{m.q},80$, réduit à $0^{m.q},60$ par la présence des grilles.

Par conséquent, la somme des orifices libres d'admission de l'air à l'orchestre et au parterre aurait été

$$2^{m.q},70 + 0^{m.q},60 = 3^{m.q},30.$$

Le volume affluent devant être de 14 100 mètres cubes à l'heure ou de $3^{m.c},92$ par seconde, cela correspondrait à une vitesse de

$$\frac{3,92}{3,30} = 1^{m.c},20 \text{ par seconde,}$$

ce qui était trop considérable et devait présenter des inconvénients, soit pour les spectateurs, soit au point de vue même de la production du mouvement.

Il nous parut donc nécessaire, d'une part, d'augmenter la largeur de l'orifice d'admission par la rampe, que nous crûmes pouvoir être, sans inconvénients, portée à $0^{m},60$, au lieu de $0^{m},30$, et d'ouvrir aussi des orifices de surface double dans les conduits verticaux H, non dans les faces perpendiculaires au mur de séparation de la face et de la scène, mais dans les faces qui lui sont parallèles.

Au moyen de cette modification, qui était facile à introduire, la vitesse d'arrivée de l'air au parterre et à l'orchestre, devait être réduite à $0^{m},60$ par seconde, en obtenant de même une admission d'air de $3^{m.c},92$ par seconde, ou de 14 100 mètres cubes par heure.

L'on verra plus loin que l'admission de l'air par l'orifice concentrique à la rampe a présenté des inconvénients et a dû être supprimé. D'une autre part, les conduits H du côté

de la scène n'ayant pas reçu la disposition ni le développement demandés, il en est résulté une grande réduction dans les passages prévus pour l'arrivée de l'air nouveau.

346. *Évacuation de l'air.* — L'air vicié est appelé au-dessous du parterre et de l'orchestre par des orifices EE verticaux disposés sous les siéges, et par d'autres orifices ouverts dans le plancher intérieur des baignoires. Une autre disposition, qui consistait à ménager ces ouvertures sous les pieds des siéges, entre deux parois verticales formant un petit canal d'appel au-dessus du plancher, aurait été préférable. Elle n'a pas été employée.

Toutes les ouvertures d'appel dont on vient de parler débouchent dans une sorte de double fond sous le parterre, et de là, par un conduit transversal (pl. XIV), l'air est amené dans les deux cheminées de ventilation FF, qui reçoivent les tuyaux de fumée des calorifères et dans lesquelles on pourrait aussi envoyer l'air chaud surabondant fourni par ces appareils à certains moments.

Il y a au parterre 101 grilles de $0^m,25$ sur $0^m,25$, et 50 de $0^m,20$ sur $0^m,20$, offrant ensemble un passage d'appel libre égal à $8^{m\cdot q},31$ au plus, que les parties pleines des grilles peuvent réduire à 6 mètres carrés.

Une murette (pl. XIV) partage le dessous du parterre en deux parties égales, suivant l'axe du bâtiment, pour éviter qu'en cas de négligence dans le service du chauffage, il ne s'établisse des courants en sens contraire ou au moins une inégalité trop grande dans les appels.

Les solives du plancher forment des conduits naturels qui dirigent l'air vicié appelé vers des bouches *aa*, au nombre de 42, ayant chacune $0^m,35$ de largeur sur $0^m,25$ de hauteur, et présentant une section de passage de

$$42 \times 0^m,35 \times 0^m,25 = 3^{m\cdot q},67,$$

au lieu de celle de $11^{m\cdot q},08$ qui avait été demandée. Le volume d'air évacué par l'ensemble de ces orifices s'étant élevé,

comme on le verra, à plus de 15 800 mètres cubes par heure, ou à $4^{m\cdot c},39$ en une seconde, il en résulte que la vitesse d'appel à travers les passages libres des grilles a été alors égale à $\frac{4^{m\cdot c},39}{6^{m\cdot c},00} = 0^m,73$ et celle avec laquelle l'air a traversé les passages *aa* égale en moyenne à $\frac{4,39}{3,67} = 1^m,19$. Il eût été à désirer que la somme des aires de ces passages eût été plus grande.

Les deux cheminées F d'évacuation de l'air vicié du parterre ont chacune $2^m \times 1^m,35 = 2^{m\cdot q},70$, ou ensemble $5^{m\cdot q},40$ de section; de sorte que l'évacuation de $4^{m\cdot c},39$ en une seconde correspond à une vitesse de $\frac{4^{m\cdot c},39}{5^{m\cdot q},40} = 0^m,81$ en une seconde.

Les orifices qui, dans la coupole, terminent ces cheminées F, ont au débouché une section totale de $4^{m\cdot q},74$; ce qui détermine à la sortie une vitesse de $0^m,92$ en une seconde pour une évacuation de 15 800 mètres cubes par heure.

547. 1er ÉTAGE. — *Arrivée de l'air.* — Les cheminées BB, destinées à conduire l'air nouveau des chambres à air aux différents étages de loges, sont partagées verticalement en quatre compartiments, dont un pour chaque étage; ce qui tend à empêcher les appels irréguliers que certaines circonstances locales ou accidentelles pourraient produire. Chacun de ces compartiments porte sur le plan le numéro de l'étage auquel il correspond, et s'arrête à cet étage.

Il y a ainsi, pour le premier étage, quatre conduits d'arrivée de l'air; ils offrent ensemble une section de passage de 2 mètres carrés. Les conduits verticaux H peuvent aussi contribuer à amener à ces étages et aux autres des volumes d'air assez importants; mais pour cela il est nécessaire que leur section transversale soit augmentée, et comme leur épaisseur a été limitée par M. l'architecte à $0^m,20$ dans œuvre, et sur largeur à 2 mètres, leur section n'est pour les

deux que de $0^{m \cdot q},80$. Il faudrait leur donner, comme il avait été indiqué par la Commission, toute la largeur disponible dans le sens du mur, ce qui du reste est encore facile.

Ils pourraient acquérir chacun une longueur de près de 6 mètres, ou pour les deux 12 mètres; et, avec la largeur de $0^{m},20$, fournir $2^{m \cdot q},40$ de section, qui, partagés entre les quatre étages au moyen de cloisons minces, donneraient pour chacun, dans la partie inférieure, une section de passage de $0^{m \cdot q},60$, qui s'agrandirait d'étage en étage, à mesure que l'un de ces conduits s'arrêterait à celui qu'il doit desservir. Au moyen de cette modification, et en supposant qu'au rez-de-chaussée l'admission de l'air soit pratiquée dans la face du conduit intérieur à la scène sur une hauteur de $2^{m},50$ et une largeur de $1^{m},50$ de chaque côté, l'on aurait un orifice d'admission de $2^{m},50 \times 1^{m},50 = 3^{m \cdot q},25$, qui, réduit par les grilles à $0^{m},75$ de son étendue, fournirait un débouché libre de $2^{m \cdot q},44$, par lequel l'air affluent entrerait du côté de la scène à faible vitesse. Des dispositions devraient être prises pour qu'il fut possible de régler les ouvertures de ces passages selon les besoins et selon le degré d'énergie des arrivées d'air.

D'après cela, l'aire totale de passage dans les tuyaux verticaux, qui n'est actuellement, pour cet étage :

par les tuyaux B, que de.....	$2^{m \cdot q},00$
par la portion des tuyaux H, que de.....	$0^{m \cdot q},20$
Total.....	$2^{m \cdot q},20$

pourrait être facilement élevée à $2^{m \cdot q},60$.

Le nombre des spectateurs à cet étage devant être de 302, ce qui exige un volume d'air de $302 \times 30^{m \cdot c} = 9060^{m \cdot c}$ par heure, ou $2^{m \cdot c},52$ par seconde, la vitesse d'ascension de l'air dans les tuyaux, qui l'amèneraient à cet étage, ne serait que de $0^{m},89$, ce qui est encore admissible.

Quant aux orifices de débouché dans la salle, ils se composent des passages par les doubles fonds des loges, qui ont

une aire de $3^{m \cdot q},80$, réduite par les grilles à $2^{m \cdot q},85$, et de $3^{m \cdot q},25$, que l'on peut obtenir à ces étages par les tuyaux H, ce qui forme un total de $6^{m \cdot q},10$ pour écouler $2^{m \cdot c},12$ par seconde, et n'exige pas que l'air prenne une vitesse de plus de $0^m,41$ par seconde. Si cette vitesse s'élevait à $0^m,70$, le volume d'air admis pourrait être de $6^{m \cdot q},10 \times 0^m,70 \times 3600 = 15372^{m \cdot c}$ en une heure.

548. *Évacuation de l'air.* — Les conditions et les dispositions existantes déjà lors de la rédaction du projet ont obligé l'auteur à s'écarter de la disposition prescrite par le programme pour l'évacuation de l'air aux différents étages des loges, et, sur les instances de M. l'architecte, nous avons, à regret, été amenés à accepter l'évacuation par les plafonds.

Outre l'inconvénient d'un renouvellement moins complet de l'air autour des spectateurs, il y a celui d'une perte de hauteur de la cheminée d'appel égale à celle de chacun des étages. Néanmoins l'expérience a montré que l'appel avait eu encore assez d'énergie pour que la ventilation fût assurée.

Le nombre des orifices d'appel ainsi ouverts est de 24. Ils ont un débouché supérieur à $0^m,25$ sur $0^m,25$, et fournissent ainsi une section d'écoulement de $1^{m \cdot q},50$. La vitesse moyenne s'y est élevée, le 24 septembre, à $2^m,01$ en $1''$, et, le 9 décembre, à $1^m,80$, ou en moyenne à $1^m,90$ en $1''$, ce qui correspond à un débit d'air évacué de 10260 mètres cubes. Le chiffre demandé était de 9060 mètres cubes.

Tous les conduits verticaux qui doivent servir à l'évacuation de l'air vicié s'élèvent vers le comble ; ceux du premier étage sont en saillie dans les loges du deuxième, et s'inclinent ensuite pour passer, ainsi que ceux du deuxième et du troisième étage, dans des murs creux qui entourent les amphithéâtres de ces deux derniers étages.

549. 2e Étage. — *Arrivée de l'air.* — A cet étage, il y a 174 places exigeant $174 \times 30^{m \cdot c} = 5220^{m \cdot c}$ d'air par heure, ou $1^{m \cdot c},45$ par seconde.

Les conduits verticaux d'arrivée offrent une section de passage de $1^{m \cdot q},50$.

La portion des orifices verticaux des conduits H, qui correspond à cet étage, aurait pu fournir par son grillage une aire de passage libre de $1^{m \cdot q},20$.

La surface totale de passage pour l'air affluent par ces orifices aurait donc été égale à

$$1^{m \cdot q},50 + 1^{m \cdot q},20 = 2^{m \cdot q},70.$$

Avec une vitesse de passage de $0^{m},70$ en $1''$, ces orifices auraient pu fournir

$$2^{m \cdot q},30 \times 0^{m},70 \times 3600 = 8790^{m \cdot c} \text{ d'air en 1 heure.}$$

Mais, pour que ces derniers orifices fussent abondamment alimentés d'air, il aurait fallu que, l'été, l'on en pût faire arriver par des conduits horizontaux passant sous les planchers et débouchant dans les murs de face, ainsi que cela avait été demandé par la Commission.

Il eût été nécessaire aussi de donner, comme on l'a déjà dit, beaucoup plus de longueur aux tuyaux H dans le sens de la face du mur de séparation de la scène, pour compenser leur peu de largeur, que les exigences de la construction ont obligé à limiter à $0^{m},20$.

Au moyen de ces modifications, la section transversale des conduits H aurait pu être divisée entre les quatre étages, et fournir pour chacun une aire de section qui aurait assuré la circulation de l'air affluent à une vitesse très-modérée, qui, en général, n'eût pas dépassé $0^{m},70$ par seconde pour la ventilation ordinaire.

L'air amené par les conduits B débouche d'ailleurs dans la salle par des doubles fonds, comme au premier étage.

550. *Évacuation de l'air.* — La sortie de l'air vicié se fait à cet étage comme au premier étage. Il y a 26 orifices au débouché supérieur ayant $0^{m},25$ sur $0^{m},25$ et offrant ensemble une section libre d'évacuation de $1^{m \cdot q},625$. La vitesse moyenne

d'écoulement ayant été trouvée égale à $1^{m \cdot q},90$ en $1''$, cela correspond à une évacuation de 4275 mètres cubes à l'heure.

3e Étage.—*Arrivée de l'air.*—Il y a de même pour cet étage quatre conduits d'arrivée de l'air, qui présentent ensemble une section de passage de $1^{m \cdot q},58$.

Le nombre des spectateurs y doit être de 278, exigeant $278 \times 30 = 8340$ mètres cubes d'air par heure ou $2^{m \cdot c},32$ par seconde, ce qui supposerait une vitesse de $1^m,46$, s'il n'arrivait pas d'air par les conduits verticaux H. — L'on ne peut se flatter d'obtenir tout au plus que $0^m,80$ de vitesse à l'introduction, surtout l'été, attendu que l'on n'a pas d'orifices directs ouvrant à l'extérieur.

En augmentant la largeur des conduits H, on pourrait compter sur une section d'admission de 1 mètre carré, ce qui donnerait en tout une aire de passage de $2^{m \cdot q},58$, et exigerait une vitesse de passage de $0^m,90$ en $1''$, que l'on pourrait peut-être obtenir.

Il eût donc été nécessaire encore pour cet étage d'augmenter l'étendue des conduits H, et de les mettre, pour l'été, en communication avec l'air extérieur.

L'air amené par les conduits verticaux débouche dans la salle par des doubles fonds, comme au premier et au deuxième étage.

551. *Évacuation de l'air.* — La sortie de l'air vicié se fait à cet étage comme aux précédents. Il y a 24 orifices au débouché supérieur, ayant $0^m,25$ sur $0^m,25$, et offrant ensemble une section d'écoulement de $1^{m \cdot q},56$. La vitesse moyenne ayant été trouvée égale à $1^m,90$ en $1''$, cela correspond à une évacuation de 10 260 mètres cubes par heure, comme au premier étage, supérieure au volume demandé, qui était de 8790 mètres cubes.

4e Étage.—*Arrivée de l'air.*—Les quatre conduits verticaux qui amènent l'air à cet étage présentent ensemble une section transversale de $1^{m \cdot q},02$, et dans le haut une section de $2^{m \cdot q},90$.

Il doit recevoir 418 spectateurs, auxquels il faut allouer $418 \times 30 = 12\,540$ mètres cubes d'air par heure, ou $3^{m.c},49$ par seconde. Cela correspondrait à une vitesse de $3^m,42$ par seconde dans le bas, et de $1^m,20$ dans le haut. La première est beaucoup trop considérable.

L'agrandissement proposé des conduits H permettra d'augmenter la section d'arrivée d'environ 1 mètre carré et réduira la vitesse à $1^m,09$, ce qui est même un peu grand.

L'air amené par les conduits verticaux B débouche dans la salle par des doubles fonds, comme aux autres étages.

552. *Évacuation de l'air.* — L'évacuation de l'air à cet étage se fait par 56 orifices d'appel ouverts dans le plafond et se terminant dans la coupole par autant d'orifices rectangulaires, présentant ensemble une section d'écoulement de $3^{m.q},528$. La vitesse moyenne à ces orifices a été trouvée le 24 septembre 1862 égale à $1^m,45$ en $1''$, et le 9 décembre 1862 égale à $1^m,17$; en prenant pour sa valeur moyenne $1^m,31$, cela correspondrait à une évacuation d'air vicié de 16 620 mètres cubes par heure. Il n'avait été demandé que 12 540 mètres cubes pour cet étage.

On voit que le nombre des spectateurs croissant d'étage en étage, les conditions mêmes des constructions existantes ont obligé à restreindre un peu trop les sections de passage de l'air affluent par les conduits verticaux. Les modifications que nous avions indiquées auraient permis de réduire assez la vitesse pour que l'affluence de l'air fût assurée. Il est à regretter qu'elles n'aient pas été exécutées.

En effet, en récapitulant les sections de passage de l'air pour l'arrivée et pour la sortie, et les comparant aux volumes qui devaient les traverser, on peut en former le tableau suivant :

NOMBRE de spectateurs.	DÉSIGNATION DES ÉTAGES.	ADMISSION DE L'AIR.			ÉVACUATION DE L'AIR.		
		SECTIONS de passage.	VITESSES moyennes supposées.	VOLUMES à admettre par heure.	SECTIONS de passage.	VITESSES moyennes supposées.	VOLUMES d'air à évacuer correspondant.
		m.q.	m.	m.c.	m.q.	m.	m.c.
470	Orchestre, parterre et baignoires	6,60	0,59	14100	11,08	0,30	11966
302	1er étage.....	3,10	0,81	9060	6,50	0,39	9060
174	2e étage.....	2,30	0,70	5790	6,50	0,22	5220
278	3e étage.....	2,58	0,90	8340	6,50	0,36	8340
416	4e étage.....	3,20	1,09	12540	6,50	0,54	12540
1640	Totaux en moyenne.....	17,78	0,82	49830	37,08	0,36	47126
	Volumes réels.....	.....	admis.....	25000	.....	évacués...	64000

Il se produit d'ailleurs dans ce théâtre, comme dans tous les autres édifices, des introductions d'air très-notables par les portes et autres orifices accidentellement ouverts, et le volume d'air extrait des salles dépasse très-notablement celui qui est admis par les orifices spéciaux ménagés à cet effet. Mais ce mode d'introduction donne lieu à des courants d'air désagréables, qu'on ne peut atténuer qu'en se ménageant de larges et faciles entrées normales. C'était pour les obtenir en tous temps, et surtout l'été, que la Commission avait insisté sur l'ouverture d'orifices d'admission directe à travers les murs du bâtiment. Il est regrettable qu'on n'ait pas tenu compte de ses observations.

L'on verra plus loin que, si les restrictions apportées malgré les indications de la Commission, aux dimensions qui avaient été fixées pour les passages d'admission de l'air neuf ont réduit ce volume à 25 000 mètres cubes au lieu de 51 000 mètres cubes, qu'on espérait avoir avec les dispositions adoptées, à l'inverse, l'activité donnée à l'appel par le système d'éclairage qui a été employé et qui est plus puissant que celui sur lequel la Commission avait compté, a, au contraire, élevé le volume d'air évacué à près de 0,20 au-dessus de celui qui était demandé.

Tous les conduits d'évacuation de l'air vicié débouchent circulairement à la base d'une vaste coupole, comme on peut le voir sur le plan de cet étage et sur la coupe transversale de l'édifice (pl. XIV).

Ces conduits sont au nombre de 74 pour les premier, deuxième et troisième étages, offrant ensemble une section totale de $4^{m \cdot q},625$ au débouché, et de 56 pour le quatrième appelé amphithéâtre, ayant au débouché une section totale de $3^{m \cdot q},528$. Les deux conduits de ventilation du parterre arrivent aussi dans la coupole par une section de $4^{m \cdot q},739$. Par conséquent la somme de tous les orifices d'évacuation débouchant dans cette coupole est de $12^{m \cdot q},892$, ou de $0^{m \cdot q},0079$ par place. La vitesse moyenne observée a été, comme on le verra plus loin, de $1^{m},90$ pour les premiers,

de $1^{m},31$ pour les seconds et de $0^{m},81$ pour les derniers. Par conséquent, si la somme des sections de passage avait été de $23^{m.q}54$ ou de $0^{m.q},0143$ par place, comme la Commission l'avait d'abord indiqué dans son rapport, une vitesse d'un mètre par seconde, qui n'aurait pas exigé un aussi grand développement de chaleur que celui des 1180 becs de gaz installés dans la coupole, aurait été obtenue facilement et aurait suffi pour assurer une évacuation de plus de 85 000 mètres cubes par heure.

Cette observation n'a pour but que de montrer qu'à l'aide de sections de passage suffisantes, l'on peut, sans employer un aussi grand développement de chaleur que celle qui a lieu dans cette salle, obtenir une évacuation d'air considérable. L'on voit même que l'on pourrait rester au-dessous de la proportion indiquée et limiter la section des conduits verticaux et des orifices de débouchés à $0^{m.q},01$ par place, ce qui, avec la vitesse d'un mètre par seconde, produirait une évacuation de 36 mètres cubes par heure et par place.

553. *Des moyens d'appel.* — L'appel dans les cheminées FF est produit par la chaleur perdue par les tuyaux de fumée des calorifères pendant l'hiver, et au besoin pendant l'été à l'aide des foyers spéciaux établis au bas de ces cheminées.

A tous les autres étages, les becs de gaz d'éclairage des corridors sont pour leur prise d'air et pour l'évacuation des gaz chauds, mis en communication avec les tuyaux d'évacuation des loges.

Il avait été indiqué de diriger vers la cheminée centrale d'évacuation les gaz chauds provenant de la rampe qui devait être enveloppée, afin de profiter de leur chaleur pour activer les appels. Mais l'installation de cette rampe d'éclairage n'ayant pas été satisfaisante dès les premiers jours, l'on s'est empressé de la supprimer, au lieu de chercher à l'améliorer, ce qui eût été possible, puisqu'un système analogue fonctionne à l'Opéra depuis un an.

554. *Observations sur la description précédente.* — En résumé l'on voit qu'une partie des orifices d'introduction de l'air extérieur ont été exécutés selon les prescriptions de la Commission, mais quelques-uns des conduits verticaux d'arrivée d'air n'offrent pas une section suffisante et égale à celle des entrevoux correspondants, ce qui a tenu à la difficulté de coordonner les dispositions convenables pour la ventilation avec la construction, dont les dimensions générales avaient été déjà arrêtées par l'architecte, avant qu'on ne s'occupât de la ventilation, ainsi qu'il arrive malheureusement presque toujours.

Les communications que, pour assurer la ventilation d'été, l'on devait établir directement et à hauteur des divers étages, entre l'air extérieur et les entrevoux, ainsi que dans les gaînes verticales du cadre de rideau, n'ont pas été exécutées, malgré une réclamation en date du 7 novembre 1861, c'est-à-dire en temps utile, transmise à M. l'architecte par le président de la Commission, M. Dumas. Cette altération des dispositions prescrites est très-regrettable, et peut avoir pour la ventilation d'été des inconvénients graves.

C'est, en effet, dans cette saison, alors que la température extérieure ne favorise pas l'introduction de l'air, qu'il importe beaucoup d'ouvrir à son admission les accès les plus faciles, au lieu de l'obliger à monter du soubassement de l'édifice pour atteindre les entrevoux.

555. *Effets des prises d'air directes, observés au théâtre du Cirque.* — L'utilité de semblables communications directes est évidente d'elle-même, et une expérience faite au théâtre du Cirque, dont on rapportera plus loin les résultats, l'a manifestée d'une manière irrécusable.

Aussi, en signalant à regret la faute que l'on a commise en supprimant ce moyen puissant d'admission de l'air extérieur pour la saison d'été, le rapporteur de la commission ne peut consentir à en accepter la responsabilité.

Quant aux gaînes disposées en dedans de la scène et le

long du mur qui la sépare de la salle, pour l'arrivée de l'air nouveau, elles n'ont pas reçu non plus le développement demandé et n'ont pas été mises en communication avec l'air extérieur pour la ventilation d'été, ce qui sera encore pendant cette saison un obstacle à l'introduction de l'air. Après la construction, l'ingénieur, M. d'Hamelincourt, a fait mettre ces gaînes en communication plus directe d'une part avec les chambres de mélange des calorifères, et de l'autre avec la scène près du cadre du rideau, pour verser immédiatement de l'air dans la salle.

Cette disposition, qui est bonne, a cependant donné lieu à quelques observations : la principale, qui avait été prévue, c'est que les débouchés de l'air dans le voisinage du cadre du rideau ne doivent s'ouvrir qu'à une certaine hauteur, à 5 ou 6 mètres même au-dessus du plancher, afin que les artistes n'en soient pas incommodés.

556. *Conséquences des observations précédentes.* — De ces réflexions il résulte que des divers moyens de faire arriver l'air dans la salle du Théâtre-Lyrique, le seul qui n'ait donné lieu à aucun inconvénient, c'est celui qui avait été proposé par Darcet, et qui consiste à le faire affluer par les entre-voux des divers étages de loges. Nous avons regretté de ne pouvoir lui donner plus de puissance par une meilleure proportion des passages.

Ensuite, et comme complément viendraient les orifices ménagés dans le cadre du rideau et dans le tympan, disposés à partir d'une certaine hauteur, mis en communication avec les calorifères d'une part et de l'autre avec l'atmosphère qui, au moyen de registres convenablement disposés et manœuvrés, selon les saisons, peuvent être d'un grand secours pour l'admission de l'air nouveau. Mais l'on devra éviter d'ouvrir ceux qui déboucheront dans les parois verticales du cadre du rideau du côté intérieur de la salle, parce que les spectateurs voisins de l'avant-scène pourraient être incommodés par le courant d'air.

557. *Observation relative à l'éclairage et à son influence sur l'évacuation de l'air vicié.* — Les dispositions adoptées pour cette évacuation sont, en général, conformes au programme et au projet adoptés. La plus importante modification qui ait été introduite est relative à l'éclairage de la salle pour lequel on a substitué à la cheminée et au lustre ordinaire prévus, une vaste coupole éclairée par 1180 becs de gaz, dont la lumière traverse un plafond vitré et répand dans la salle une brillante clarté.

Je ne m'occuperai pas ici de l'effet de la lumière un peu jaunâtre, quoique éclatante, que produit ce mode d'éclairage, j'attendrai, pour savoir si la dépense assez considérable qu'il occasionne est compensée par ses avantages, les résultats d'un service plus prolongé et surtout plus régulier que celui qui se fait actuellement, ainsi que l'opinion du public. Je me bornerai à rechercher l'influence qu'exerce sur l'évacuation de l'air vicié, la chaleur développée par la consommation considérable de gaz qui est faite dans cette coupole. C'est ce que je ferai plus loin en discutant les résultats des expériences.

Je dois dire cependant, que la construction de cette vaste coupole a permis d'adopter, pour la répartition des orifices d'évacuation de l'air vicié, la disposition très-convenable que l'on trouvera décrite plus loin, et qui est représentée pl. XIV.

Mais il convient, en outre, de faire remarquer que l'intensité de l'éclairage varie beaucoup pendant les représentations et que ces variations influent trop directement sur la ventilation, pour qu'il ne soit pas utile de prendre à ce sujet quelques précautions.

Pendant les actes, quand la toile est levée, il est nécessaire de modérer l'éclairage de la salle, afin de donner aux décorations et aux effets de lumière de la scène toute leur valeur de perspective aérienne. Au moment des entr'actes, au contraire, c'est l'intérieur de la salle qui doit être puissamment éclairé.

Les directeurs de théâtre sont tout naturellement portés à

exagérer la réduction de la lumière pendant les actes, et à restreindre son éclat pendant les entr'actes; mais il n'en existe pas moins une très-grande inégalité pendant les deux périodes, dans la consommation de gaz, et par suite, dans la chaleur développée dans la coupole et qui doit contribuer puissamment à l'appel. Et comme, de plus, au moment des entr'actes une partie du public quitte ses places, les couloirs ainsi qu'un grand nombre de passages sont ouverts, il en résulte que l'appel et l'introduction de l'air acquièrent alors une énergie bien supérieure à celle qu'ils ont pendant les actes. Aussi observe-t-on toujours, durant cette dernière période, une élévation, et durant la première une diminution de température très-notables, comme on le verra par plusieurs exemples, et particulièrement pour le théâtre du Cirque.

Il serait cependant possible de faire disparaître ou au moins de diminuer beaucoup cette inégalité, qui conduit le public à ouvrir les portes des loges, en s'exposant à des courants d'air désagréables et même dangereux. Il suffirait pour cela d'établir vers la base de la cheminée générale d'évacuation de l'air vicié un nombre de becs de gaz suffisant pour consommer pendant les actes une partie ou le complément de la quantité totale de gaz affectée à la fois à l'éclairage et à la ventilation. Par des dispositions faciles à réaliser et qu'on pourrait même mettre à l'abri des effets d'une parcimonie intéressée de la part des directeurs, le gaz qui, pendant les actes, ne devrait pas être brûlé dans les appareils d'éclairage, parviendrait forcément à la base de la cheminée d'évacuation, où il serait consommé au profit de la ventilation, et à l'inverse, pendant les entr'actes, toute la consommation serait reportée sur les appareils d'éclairage. De simples robinets à deux voies, suffiraient pour assurer cette répartition alternative.

338. *Dispositions à prendre pour éviter le refroidissement de la salle dans les journées d'hiver.* — Mais si l'évacuation de

l'air vicié est, en général, convenablement assurée au Théâtre-Lyrique, sa réglementation ne l'est pas au même degré, et ce qui est plus important, aucune disposition spéciale n'a été prise pour s'opposer aux rentrées d'air froid dans la salle pendant les intervalles d'une réprésentation à la suivante.

A ce sujet j'ai réclamé, le 2 décembre 1862, par une note adressée à M. le préfet de la Seine, des modifications qui me paraissent indispensables, mais qui n'ont pas encore été exécutées (mai 1863).

Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que si, l'été et même pendant la plus grande partie de l'année, il convient que l'appel ait toute l'énergie possible, attendu qu'alors il n'est pas difficile de donner à l'air nouveau une température telle que celle de la salle se maintienne au degré convenable, il n'en est pas de même l'hiver, quand le thermomètre descend à zéro ou au-dessous. Alors, en effet, la densité de l'air extérieur, devenue plus considérable, tend à imprimer à la ventilation une activité plus grande. La vitesse d'introduction de l'air nouveau s'accroît, ainsi que celle de l'air vicié évacué, et comme on ne peut restreindre sensiblement ni l'une, ni l'autre, il faut au moins se ménager la faculté de régler les orifices des passages.

C'est ce qui a été fait d'une manière à très-peu près suffisante pour les arrivées d'air nouveau, mais non pour les orifices d'évacuation. Il y a bien au débouché des gaînes dans la coupole des registres tournants, destinés à régler l'aire de leurs orifices supérieurs, mais ils ne sont pas convenablement établis. Là n'est cependant pas le plus grave inconvénient, il en est un autre plus sérieux.

La cheminée générale d'évacuation qui surmonte la coupole et par laquelle s'échappe, pendant les représentations, tout l'air vicié extrait de la salle, est tout à fait dépourvue de registres, qui permettent de modifier la section du passage et de le fermer complétement.

Or, de semblables registres sont indispensables, non-seu-

lement pour modérer l'évacuation pendant les représentation, ce qui, à la rigueur, pourrait se faire par d'autres moyens, mais encore pour faire cesser entièrement l'évacuation de l'air quand le public est sorti, et surtout pour s'opposer au refroidissement de la coupole, des conduits qui y aboutissent et aux rentrées d'air froid dans la salle, qui en sont la conséquence.

Il arrive, en effet, dans l'état actuel des choses, que la cheminée, la coupole et les conduits d'évacuation, qui y débouchent, se refroidissant d'autant plus vite que les deux premières sont entièrement en métal, l'air intérieur y devient de plus en plus dense et que de proche en proche les gaînes participant à ce refroidissement, tandis qu'à l'inverse la scène et ses dépendances restant chaudes et étant même chauffées de nouveau dans la journée, il se produit de dehors en dedans des rentrées d'air froid dans les loges et au parterre.

J'ai pu, en décembre 1862, constater ces effets, et j'ai immédiatement demandé, pour remédier à cet inconvénient et à d'autres analogues :

1° La visite et la fermeture, aussi hermétique que possible, de tous les registres d'admission de l'air extérieur dans la salle pour le service de jour.

2° Le remplacement des registres placés aux débouchés des gaînes d'appel, par des ventelles à coulisses.

3° L'établissement dans la cheminée générale d'évacuation de registres, qui permettent de la fermer après les représentations pendant la saison du chauffage.

Il est bon de faire remarquer, que si les rentrées d'air froid pendant la nuit, dont je viens de parler, ont l'hiver l'inconvénient grave de refroidir la salle, et par suite, la scène pendant le jour où se font les répétitions, et d'exiger un surcroît de dépense très-notable en combustible, qu'il est convenable d'éviter; ces mêmes rentrées d'air peuvent avoir l'été l'avantage de rafraîchir un peu l'intérieur de la salle, si l'on

a l'attention de ne fermer alors les registres que le matin, à l'heure où la chaleur commence à se faire sentir.

559. *Effets généraux de la ventilation.* — On ne détermine pas dans des amphithéâtres, dans une salle de spectacle, dans un local quelconque, une évacuation considérable d'air vicié, sans que des rentrées d'air équivalentes ne s'y produisent soit par les orifices ménagés à cet effet, soit par tous ceux que la construction, la disposition des lieux, leurs abords, plus ou moins directs, peuvent permettre. Ces effets se manifestent dans toutes nos habitations, dans les appartements, dans les salons de réception, et ils sont assez familiers à tout le monde pour qu'il soit inutile de les signaler.

Mais ils sont encore plus sensibles et plus désagréables dans les théâtres que partout ailleurs, et il n'est pas hors de propos de faire remarquer que, dans tous les anciens théâtres, qui ne sont ventilés que par le mouvement d'ascension d'air produit dans la salle et de la scène vers la salle par la chaleur du lustre, les rentrées d'air par les couloirs et par l'ouverture des portes de loges, se font par des courants parfois intolérables, qui, à une chaleur de 28 à 30 degrés, font succéder des arrivées d'air relativement très-froid, venant des corridors et des escaliers à une vitesse de $1^m,00$ à $1^m,50$ en $1''$.

Ces effets, très-sensibles dans les loges, ne permettent pas même d'y ouvrir les vasistas des portes; ils y amènent souvent de l'air froid par les joints de ces orifices, et rendent certaines loges glaciales, tandis qu'en d'autres endroits de la salle il fait beaucoup trop chaud.

Au théâtre des Italiens, à l'Opéra, par exemple, pendant les entr'actes, l'on sent à l'orchestre jusqu'à une grande distance les courants d'air froid que détermine l'ouverture des portes des baignoires et des couloirs. De semblables effets se manifestent aux galeries et aux amphithéâtres.

S'ils sont inévitables avec des ventilations incomplètes et insuffisantes pour modérer la température, l'on ne saurait

s'attendre que lorsque, au contraire, le volume d'air évacué sera accru dans une proportion considérable, on les fera disparaître complétement ; ce serait trop exiger de l'art de la ventilation ; mais il peut cependant les atténuer beaucoup.

Il ne faut pas oublier, en effet, que, quelque bien disposées, quelque larges et nombreuses que soient les canalisations et les ouvertures ménagées pour l'admission de l'air nouveau destiné à remplacer celui qui aura été extrait par l'appel, toutes les fois qu'un orifice, tel qu'une porte ou un couloir, sera ouvert, l'air des espaces voisins s'y dirigera et y passera avec une certaine vitesse, parce qu'il aura pour les traverser moins de résistances à vaincre que celui qui est amené par des conduits spéciaux moins directs.

Mais il n'en est pas moins certain que plus on aura soin de rendre larges, simples et directs les canaux, les orifices destinés à faire affluer l'air nouveau dans le local à ventiler, plus on diminuera l'intensité des courants accidentels et gênants.

D'une autre part, l'art a d'autres moyens auxiliaires d'atténuer la sensation désagréable que produisent ces courants, en faisant en sorte que l'air qu'ils amènent diffère le moins possible de la température ambiante. C'est à quoi l'on parvient, dans le cas des salles de spectacle, en multipliant les clôtures, les portes battantes des vestibules, des paliers, des couloirs, etc., et surtout en ayant soin de chauffer l'air des intervalles, qui les séparent, à l'aide de bouches de chaleur spéciales, pour y maintenir toujours une température convenable.

560. *Observations sur le mouvement général de l'air dans la salle du Théâtre-Lyrique.* — Les expériences préalables que nous avions faites pour comparer les divers modes d'introduction de l'air nous avaient montré que son admission par des entrevoux ménagés sous les planchers, et le versant à peu près horizontalement dans l'espace vide, était le moyen à préférer, puisqu'il ne devait causer aucune gêne aux spec-

tateurs. C'est ce que l'observation a complétement confirmé, et ce résultat important prouve que cette disposition doit constituer le mode normal d'introduction de l'air nouveau, sans exclure toutefois certains autres moyens auxiliaires.

Après son admission dans le sens horizontal, cet air, qui a perdu sa vitesse d'arrivée et qui s'est mêlé à la masse générale, en en modérant la température, est lentement appelé vers les orifices d'évacuation ménagés au fond des loges ou dans le plafond de l'amphithéâtre. C'est ce qu'il est facile de constater par l'expérience suivante :

En prenant un de ces petits ballons de caoutchouc gonflés de gaz hydrogène, et convenablement lesté pour qu'il ne soit pas trop léger, si on l'amène sur le devant d'une loge à une certaine distance du plafond sous l'étage supérieur, et qu'on l'abandonne à lui-même, on le voit peu à peu se diriger lentement vers le fond de la loge en suivant le plafond, atteindre le plan de la draperie qui limite le petit salon, s'abaisser pour en dépasser l'encadrement, puis gagner d'un mouvement un peu plus accéléré l'orifice d'appel, contre lequel il reste fixé.

Cet effet se produit exactement de la même manière dans toutes les loges et à tous les étages, et il manifeste de la manière la plus évidente l'effet d'assainissement que détermine dans la salle l'appel exercé vers le fond des loges, puisqu'il montre aux yeux la marche graduelle, mais peu sensible d'ailleurs, du courant d'air qui entraîne vers les orifices d'évacuation l'air échauffé et vicié, auquel se substitue incessamment de l'air nouveau.

Ce mouvement de l'air, quoique fort lent, n'est cependant pas tellement insensible, que l'on n'en éprouve l'effet, et les dames en toilette de soirée, ainsi que les hommes atteints de calvitie, peuvent très-facilement ressentir l'impression légère du passage de l'air.

C'est ce renouvellement continu qui, enlevant les vapeurs produites par la transpiration, fait éprouver une certaine sensation de fraîcheur et permet de supporter sans gêne ou

même rend à peu près nécessaire une température de 22°, que l'on trouverait intolérable dans un espace clos où l'air ne serait pas renouvelé.

Tels sont les effets perceptibles à nos organes de la ventilation telle qu'elle a été organisée dans les nouveaux théâtres.

Mais on conçoit que, pour être utiles, sans produire de sensations désagréables, ces mouvements de l'air doivent être réglés avec quelque soin, et non abandonnés à des caprices intéressés ou inintelligents. Cette régularité est d'ailleurs très-facile à obtenir, pour peu qu'on en confie le soin à des agents spéciaux.

Passons maintenant à des résultats plus positifs fournis par des observations et des mesures directes.

361. *Résultats d'expériences.*— Le 24 septembre 1862, avant que le Théâtre-Lyrique n'eût commencé ses représentations, nous avons fait le soir, par un éclairage complet de la coupole, où l'on brûlait environ 200 à 220 mètres cubes de gaz à l'heure, une série d'expériences dont les résultats peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

Désignation des places.	Nombre des places.	Volume d'air évacué par heure.	Volume d'air évacué par place.
Orchestre, parterre et baignoires.	470	$15866^{m\cdot c},0$	$33^{m\cdot c},75$
1er, 2e et 3e étages.....	754	33466 ,5	44 ,39
Amphithéâtre.....	416	18416 ,0	44 ,27
Totaux.....	1640	$67748^{m\cdot c},5$ Moyenne	$40^{m\cdot c},80$

La température extérieure était, au moment des expériences, de 16°,8; celle de l'air qui arrivait par les entrevoux, de 22°,3, et celle de la salle, de 22°.

Dans le cours de ces expériences, l'on a cherché à s'assurer si les grilles placées au débouché des entrevoux formaient par leurs parties pleines un obstacle de quelque influence à l'arrivée de l'air dans la salle, et par suite à son évacuation. L'on a trouvé que ces derniers volumes d'air étaient sensiblement les mêmes quand ces grilles étaient ouvertes que quand elles étaient fermées. Cela tient à ce qu'il existe,

comme on l'a constaté, dans les conduits des rétrécissements, des étranglements, qui diminuent les sections de passage dans une proportion beaucoup plus grande que les grilles elles-mêmes par leurs parties pleines.

Quoi qu'il en soit, cette première expérience faite par un temps chaud et le maintien de la température de la salle à 22° montrent que le volume d'air évacué dépassait de 16 748 mètres cubes celui de 51 000 mètres cubes qui était exigé.

Des observations simultanées ont été faites pour déterminer le volume d'air extérieur que fournissait le conduit souterrain, et elles ont signalé un fait facile à prévoir, mais sur lequel il est bon d'appeler l'attention des architectes.

Le puits de prise d'air est placé dans le square de la tour Saint-Jacques, au milieu d'un massif qui le dissimule à la vue, et, pour le cacher encore mieux, on avait eu la pensée de le couvrir en partie avec du lierre rampant. Tant que ce lierre a été très-peu développé, sa présence n'a pas paru faire obstacle à l'introduction de l'air, et, par exemple, dans le courant du mois d'août, l'on avait constaté le passage d'un volume de 25 524 mètres cubes d'air par heure; mais à la fin de septembre, le lierre ayant pris plus de développement, l'on n'a plus trouvé qu'une introduction de 19 685 mètres cubes; tandis que quelques jours après, le lierre ayant été coupé, l'on a, par une température à peu près la même, constaté de nouveau l'admission d'un volume de 26 000 mètres cubes par heure.

On remarquera que le passage d'un volume de 25 000 à 26 000 mètres cubes d'air par heure à travers une section de $9^{m.q},308$ correspond à une vitesse moyenne de $0^{m},75$ à $0^{m},80$ seulement.

Cet exemple montre combien il importe de ne pas laisser de végétations quelconques se produire dans de semblables conduits. On sait d'ailleurs que la présence de simples toiles d'araignées suffit souvent pour créer un obstacle complet au passage de l'air dans les conduits et appareils de chauffage et de ventilation.

Le 9 décembre 1862, des expériences analogues ont été répétées pendant une représentation, et comme la consommation de gaz et l'intensité de la lumière sont beaucoup plus considérables pendant les entr'actes que pendant les actes, on a eu soin de distinguer les observations faites à ces différentes périodes.

Les résultats de ces expériences se résument ainsi qu'il suit :

Étages.	Nombre de places.	Volume d'air évacué par heure.	Volume d'air évacué par place.
Orchestre, parterre et baignoires.	470	$11665^{m.c}$	$24^{m.c},82$
1er, 2e et 3e étages.....	754	29970	39 ,75
Amphithéâtre.....	416	18416	44 ,27
Totaux.....	1640	$60051^{m.c}$	Moyenne 36 ,28

Le total de ces volumes, quoique encore supérieur de près de 0,15 à celui de 51 000 mètres cubes exigés par le marché, est assez notablement inférieur à celui qui a été obtenu le 24 septembre ; mais on remarquera que la différence porte principalement sur la ventilation du parterre, qui est faite par la seule chaleur perdue par les calorifères et qui peut, à volonté et selon les besoins, être activée par les foyers spéciaux disposés à cet effet.

Le volume d'air introduit par la galerie extérieure de prise d'air a été trouvé égal à 30 850 mètres cubes par heure, ce qui dépasse de 5850 mètres cubes ou de 0,20 le volume prescrit par le marché, et correspond pour la salle supposée pleine à $\frac{30850}{1640} = 18^{m.c},81$ par spectateur et par heure. Les expériences comparatives faites pendant les actes et les entr'actes aux mêmes orifices d'évacuation, avec les mêmes anémomètres, ont montré que pendant les entr'actes les volumes d'air évacués étaient supérieurs à ceux qui s'écoulaient pendant les actes, et égaux en moyenne à 1,17 fois ceux-ci. Les observations ayant eu lieu en très-grande partie et presque toutes pendant les actes, l'on voit que la ventilation moyenne d'une soirée est supérieure aux chiffres que nous avons trouvés.

Nous avons d'ailleurs calculé les volumes d'air évacués par place en supposant la salle complétement remplie et contenant 1640 spectateurs, tandis qu'en réalité il n'y en avait, le 9 décembre, que 1029; de sorte qu'à raison de $60051^{m\cdot c}$, par heure, chacun de ceux-ci était ventilé par un volume de $58^{m\cdot c},36$, qui ne paraissait nullement trop considérable dans les loges et surtout à l'amphithéâtre.

362. *Observation des températures.* — Les températures observées ont été, le 9 décembre :

A l'extérieur, dans le conduit de prise d'air.....	8°
Sur la scène.....	18°
Aux stalles d'orchestre.....	20°
Au pourtour et dans l'enceinte de la coupole.....	26°
Au bas de la cheminée générale d'évacuation.....	50°

Quant aux températures de l'air qui, des différents étages était évacué par les cheminées d'appel, et qui sont aussi celles du fond des loges, elles ont été relevées avec soin sur 15 de ces conduits depuis 8^h 30′ jusqu'à 11^h 30′, et leur constance pendant tout cet intervalle montre avec quelle régularité peut fonctionner cette ventilation, quand on se donne la peine de la bien conduire, ce qui n'offre aucune difficulté à un chauffeur intelligent.

TEMPÉRATURES DE L'AIR SORTANT DES DIFFÉRENTS ÉTAGES.

NUMÉROS		TEMPÉRATURES	
des conduits.	des étages.	de 8 h. 30 à 10 h.	de 10 h. 30 à 11 h. 30.
1.....	1.....	22°	»°
4.....	3.....	23	»
10.....	3.....	23	22
15.....	1.....	22	22,5
20.....	3.....	22	22,5
25.....	1.....	23	22
30.....	2.....	23	23
35.....	2.....	22	23
40.....	2.....	23	22
45.....	1.....	24	22
50.....	3.....	22	23
55.....	3.....	22	22,5
60.....	2.....	22,3	22,25
65...	1.....	22,3	23
70.....	1.....	22,3	23

Les moyennes de ces températures sont :

De $8^h,30'$ à 10^h. . . . . $22^0,5$

De $10^h,30'$ à $11^h,30'$. . . . . $22^0,5$

Et ces moyennes égales n'ont pour ainsi dire pas différé des températures partielles.

Bien des personnes seront surprises qu'une semblable température moyenne soit non-seulement supportable, mais même convenable dans un théâtre. Mais il faut ici rappeler ce fait bien constaté, que c'est surtout l'altération produite dans l'air, moins par l'accroissement de la proportion d'acide carbonique qu'il contient, que par sa saturation de vapeur d'eau, qui le rend insalubre et qui fatigue l'organisme bien plus que l'élévation de la température. Ne sait-on pas, en effet, que dans la belle saison l'on supporte dans des lieux aérés, sans le moindre malaise, des températures de 22, 24, 26 et 28^0, quand elles ont lieu par un vent d'Est sec et capable de dissoudre la vapeur d'eau, tandis qu'au contraire des températures même inférieures paraissent intolérables par les vents du Sud, qui affluent saturés d'humidité.

Tel est, selon moi, l'un des plus réels avantages d'une bonne ventilation. Aussi plus la saison sera chaude et moins l'air extérieur sera capable de dissoudre de vapeur, plus le volume de celui qui doit être introduit et extrait devra augmenter, et c'est par ce motif que je regrette beaucoup que les prescriptions de la commission et du programme adopté relativement aux orifices d'admission de l'air extérieur pour la saison d'été n'aient pas été observées.

563. *Conclusion des expériences précédentes.* — Les expériences précédentes montrent suffisamment que, malgré la suppression reconnue nécessaire des orifices d'admission concentriques à la rampe, et l'omission, lors de la construction de l'ouverture, des orifices auxiliaires destinés à la ventilation d'été, le volume d'air vicié évacué s'est élevé, par heure et par place de la salle supposée pleine :

Le 24 septembre 1862, à.....	$40^{m\cdot c},80$
Le 9 décembre, à.....	$36^{m\cdot c},28$
Moyenne.....	$38^{m\cdot c},54$

ou, pour 1640 places, 63105 mètres cubes par heure (dont en moyenne 13765 mètres cubes viennent du parterre) ; ce qui dépasse de 0,21 le volume fixé par le programme et par le marché,

Quand le nombre des spectateurs est seulement de 1200, ce qui excède la moyenne, le volume d'air vicié évacué devient à proportion plus grand et dépasse 50 mètres cubes par heure et par spectateur.

Le volume d'air nouveau qui, dans l'état actuel des choses, et par un chauffage modéré, est admis dans la salle par les orifices conservés, s'est élevé à $18^{m\cdot c},81$ par heure et par spectateur. L'expérience fera voir si, l'été, ce volume ne devient pas trop faible, et si alors l'alimentation d'air nouveau ne se fait pas d'une manière trop désagréable par les couloirs, par la salle, etc. Quoi qu'il en arrive, le défaut, s'il est

trop sensible, ne saurait être imputé ni à la commission, dont les indications n'ont pas été suivies sous ce rapport, ni à l'entrepreneur des appareils de ventilation, qui ne peut être rendu responsable des conséquences d'une modification qui n'est pas de son fait*.

564. *Observation continue des températures intérieures de la salle.* — Mais il ne suffit pas qu'à un jour donné où des expériences sont faites, les appareils dont on veut étudier les effets fonctionnent convenablement et donnent les résultats exigés, il faut que ces résultats soient obtenus régulièrement en service courant et avec assez de facilité pour ne pas exiger l'intervention continue d'agents spéciaux. Pour m'assurer de la régularité de marche qu'un simple chauffeur peut obtenir en observant des instructions fort simples, j'ai fait relever, du 28 novembre jusqu'au 24 décembre 1862, jour par jour, les températures extérieure et intérieure de la salle et de la scène en différents endroits.

---

* Des expériences, beaucoup plus complètes que les précédentes, ont été faites dans les derniers jours du mois de mai 1863. Un arrêté de M. le préfet de la Seine, rendu nécessaire par la suppression absolue du jeu des appareils, que s'était permise le directeur du théâtre, nous a autorisé à faire fonctionner ces appareils par les soins du service du contrôle et du constructeur, et nous avons pu recueillir des observations nombreuses, qui sont consignées à la suite de ce volume, dans la note D.

OBSERVATION CONTINUE DES TEMPÉRATURES DANS L'INTÉRIEUR DE LA SALLE.

DATES.	TEMPÉRATURE extérieure.	de la scène.	des stalles d'orchestre.	des loges et balcons.	de l'amphithéâtre.
	°	°	°	°	°
28 novembre.	+ 4	»	20,5 à 21	21	23
29.....	8	»	20	23 (à minuit.)	24.5 (à minuit.)
30.....	7,8	»	23,5	23	»
1er décembre.	7,8	»	20,3	»	24,5 à 11 h.
2.....	8,5	»	19,5à8h.30	»	23 à 24
3.....	9,5	»	23	»	23,5
5.....	10,8	18,5	22	»	22,5 à 23,2
6.....	11,3	19,8	22.5 à 24	23	23,5
7[1].....	13	18,5	23,5	22,5	23.5 à 24,5
8.....	6,5	19	20	»	23 à 24
9[2].....	8	18	20,5	22,5	22,5
10.....	8	20	22 à 22,5	22,5	24,5
11.....	»	19	21	»	24[3]
12.....	4	21	23	»	22,5 à 23
13.....	5.5	18 à 19	21.5	»	21 à 22
14.....	5,5	»	21 à 21,5	22,8	»
15.....	2	18 à 19	22,5	»	23,5 à 24
16.....	0,5	18 à 19	22	»	23 à 25.5[4] (dern. acte)
18.....	7,5	»	»	22 à 23	22,5[5]
20.....	5,75	19,5	»	22 à 23	»[6]
22.....	4,	18	21,5	21,75[7]	22,5 à 23
Moyennes..	6,9	18,9	21,56	22,36	23,33

1. Aucun des calorifères n'a été allumé. Les registres de ventilation étaient ouverts.
2. Observation correspondante aux expériences.
3. Les registres d'admission de l'air frais dans la chambre de mélange fermés par la direction.
4. Les registres d'introduction de l'air nouveau au 4e étage étaient fermés à tort par la direction.
5. Salle tout à fait pleine.
6. Les registres d'évacuation du 4e étage fermés par la direction.
7. Les becs de gaz des loges ne sont pas allumés. Tous les registres des grands calorifères sont fermés, après l'entrée du public, par ordre du directeur.

L'on a eu pour les températures moyennes :

Sur la scène.....	18°,9
Aux stalles d'orchestre et aux baignoires..	21°,56
Aux loges diverses.....	22°,36
A l'amphithéâtre.....	23°,33

L'on voit donc que, même dès le début du service, qui était loin d'être convenablement réglé, il a été possible d'obtenir dans la saison d'hiver des températures convenables, soit sur la scène, soit aux divers étages de loges.

Le jour le plus froid pendant cette période d'observations a été le 16 décembre, où la température extérieure a été de — 0,5. Malgré cela, avec un feu très-modéré, l'on a maintenu à la scène la température de 18 à 19°, aux stalles d'orchestre et aux baignoires 22°, à l'amphithéâtre 23°. Il est même arrivé que par une fermeture anticipée des registres d'évacuation de cet étage, la température s'y est élevée mal à propos jusqu'à 25°,5.

Pendant toute cette période d'observations les feux ont été conduits modérément, et si la température extérieure baissait, il serait très-facile de maintenir celle de l'intérieur au degré convenable, sans diminuer la ventilation. Si donc il arrive parfois que, dans ce théâtre, le public ait lieu de se plaindre qu'il y fait froid, ce n'est ni aux appareils de chauffage ni aux effets de la ventilation qu'il faut en attribuer la cause, mais bien à une économie mal entendue du combustible.

Le jour le plus chaud de la période d'observations a été le 7 décembre, où la température extérieure a été de +13°; malgré cette circonstance les températures intérieures ont été :

A la scène	18°,5
Aux stalles d'orchestre et aux baignoires	23°,5
Aux loges	22°,5
A l'amphithéâtre	23°,5 à 24°,5

Enfin, si l'on se reporte aux expériences du 24 septembre 1862, faites un soir où la température extérieure était de 16°,8, et où, pour déterminer l'appel et lui donner de la régularité afin de compenser l'absence du public, l'on avait cru devoir chauffer un peu les calorifères, de manière à donner à l'air affluent par les entrevoux une température de 22°,3, l'on verra encore que la température intérieure de la

salle ne s'est pas élevée au-dessus de 22 degrés, alors que l'éclairage était à peu près complet.

565. *Conclusion générale des expériences précédentes.* — De l'ensemble de ces observations, que j'aurais continuées et multipliées si la mauvaise volonté inintelligente du directeur n'y avait apporté des obstacles, il me paraît au moins permis de conclure * :

1° Que les appareils de chauffage sont très-suffisants pour assurer à l'intérieur une température convenable pendant l'hiver.

2° Que le volume d'air nouveau introduit par les orifices disposés à cet effet peut atteindre 25 000 à 30 000 mètres cubes par heure, ce qui correspond pour la salle pleine ou pour 1640 places à $15^{m\cdot c},8$ ou à $18^{m\cdot c},29$ par place et à $20^{m\cdot c},83$ ou à 25 mètres cubes pour le nombre moyen de 1200 spectateurs.

3° Que le volume d'air vicié évacué a dépassé 60 000 mètres cubes par heure, ce qui, pour la salle pleine ou 1640 places, correspond à $36^{m\cdot c},58$, et pour 1200 spectateurs à 50 mètres cubes par heure et par spectateur.

4° Que l'été, si l'on conserve à l'appel une activité suffisante, les mêmes résultats pourront être obtenus, mais qu'il est regrettable que les orifices auxiliaires d'admission de l'air, qui avaient été demandés spécialement pour cette saison par la Commission, n'aient pas été réservés malgré ses réclamations.

Lorsque des appareils donnés bien construits et en bon état ont fourni facilement pendant un certain temps de semblables résultats, il suffit d'une surveillance active et d'une bonne volonté intelligente pour les obtenir avec continuité. Par conséquent, si dans une pareille salle de spectacle il fait

---

* Les expériences ont été, comme on l'a dit plus haut, reprises plus tard, mais après l'impression de cette partie des *Études*. On en trouvera les résultats à la note D.

tantôt trop froid, tantôt trop chaud, il est bon que le public sache que ce n'est pas aux appareils ni aux dispositifs adoptés qu'il doit s'en prendre, mais bien à ceux qui sont chargés de les maintenir en activité et de les faire fonctionner.

566. *Utilisation de la chaleur développée par le gaz brûlé dans la coupole au profit de la ventilation.* — Il est assez difficile d'estimer cette utilisation, parce qu'il faudrait, pour l'apprécier avec quelque exactitude, déterminer la consommation de gaz réellement faite pendant la durée des expériences sur les volumes d'air écoulés, et que nous n'avons pas eu les facilités nécessaires pour de pareilles observations comparatives. Je vais néanmoins chercher à en obtenir une valeur approximative.

D'après des renseignements que j'ai lieu de croire exacts, la consommation habituelle de gaz par minute est de $1^{m \cdot c},76$ pendant les actes et de $3^{m \cdot c},55$ pendant les entr'actes, de sorte qu'en comptant sur cinq heures de représentation, dont quatre pour les actes et une pour les entr'actes, la consommation totale serait égale à

$$4 \times 1^{m \cdot c},76 \times 60 + 3^{m \cdot c},55 \times 60 = 635^{m \cdot c},40 \text{ pour 5 heures,}$$

ou en moyenne $127^{m \cdot c},08$ par heure.

Par conséquent la chaleur employée à produire l'appel de la coupole à l'extérieur peut être approximativement estimée à

$$6000^{cal} \times 127,08 = 762\,480^{cal}.$$

D'une autre part, le volume total d'air vicié moyennement extrait a été trouvé égal à 63 105 mètres cubes par heure, dont 49 340 mètres cubes, venant des loges et de l'amphithéâtre à 23°, sont sortis dans la cheminée à 50°, après avoir acquis une augmentation de température de 27°, tandis que le reste, ou 13 765 mètres cubes, extrait du parterre et échauffé dans les cheminées latérales à 32°, ne recevait qu'une augmentation de température de 18°.

Par conséquent la quantité de chaleur utilisée pour la ventilation se compose :

1° De celle qui a été acquise par les 49 340 mètres cubes venant des étages supérieurs, et qui est égale à

$$49\,340 \times 1{,}20 \times 27 \times 0{,}237 = 436\,422^{cal};$$

2° De celle qui a été acquise par les $13\,765^{m.c}$ venant du parterre, et qui est égale à

$$13\,765 \times 1{,}16 \times 18 \times 0{,}237 = 78\,400^{cal}.$$

La somme, ou 514 822 calories, est donc les

$$\frac{514\,822}{762\,480} = 0{,}67$$

de la chaleur développée par les gaz brûlés dans la coupole.

Ce résultat, que l'on ne peut regarder que comme peu certain, parce qu'il n'est pas établi sur des observations assez prolongées, montre que, malgré l'emploi de la maçonnerie pour les conduits d'arrivée de l'air et celui du staff pour les parois de la coupole, il se fait encore par les parois une perte considérable de chaleur, puisqu'on sait que des cheminées en briques peuvent utiliser pour la ventilation au moins les sept huitièmes de la chaleur développée par le gaz.

D'après un relevé authentique qui m'a été fourni par la Compagnie d'éclairage de la ville de Paris, la consommation de gaz faite pour la coupole pendant les mois de janvier et de février, ou durant 59 jours, a été de 26 689 mètres cubes, soit $452^{m.c},3$ par soirée, ou $90^{m.c},5$ par heure, au lieu de 295 mètres cubes que peuvent consommer les 1180 becs. Elle a donc été réduite à 0,31 de la consommation totale possible.

Théâtre de la Gaîté.

567. *Disposition des appareils.* — L'ingénieur chargé des travaux de ventilation de ce théâtre a suivi en général les dispositions que nous avions indiquées pour le Théâtre-Ly-

rique, mais il y a introduit quelques modifications heureuses que nous allons faire connaître.

Prises d'air. — L'air nouveau destiné à la ventilation est appelé à l'intérieur de l'édifice par deux sortes d'ouvertures. Les unes sont pratiquées dans les trottoirs du passage intérieur destiné aux voitures de l'Empereur, et par conséquent près du sol.

Cet air descend vers les calorifères et est réparti entre eux et la chambre de mélange, comme au Théâtre-Lyrique. D'autres prises d'air, au nombre de douze, sont ouvertes sur les deux murs longitudinaux qui limitent le théâtre, elles sont réparties sur deux rangs de chaque côté, l'un à 20 mètres, l'autre à 25 mètres au-dessus du sol extérieur. Sur ces ouvertures, quatre de chaque côté ou huit en tout, alimentent des gaînes verticales, qui descendent intérieurement à la scène le long des murs longitudinaux entre les contreforts, que l'on a réunis par une paroi en planches, de manière à former un coffrage complet, qui se prolonge jusque dans les soubassements, pour compléter l'alimentation des calorifères et des chambres de mélange. Il est fâcheux que l'exiguïté de l'espace disponible ait conduit à adopter l'usage de parois en planches, qui, malgré le soin que l'on a pu prendre de les recouvrir de toile, donneront lieu à des introductions d'air froid sur la scène; des parois en briques eussent été bien préférables. Quoi qu'il en soit, cette disposition générale est bonne et peut assurer une alimentation suffisante d'air nouveau pour la saison d'hiver, si l'on a soin d'ouvrir les ventaux de prise d'air; ce qui malheureusement ne se fait pas habituellement; toujours par suite d'une économie mal entendue.

Les deux autres ouvertures de prises d'air latérales, les plus voisines du rideau sont disposées d'une manière analogue, mais elles ne sont prolongées que jusqu'au plan de la scène, parce qu'elles sont destinées à alimenter d'air un conduit disposé en arrière des parois verticales du cadre du rideau, et qui est spécialement affecté à la ventilation d'été.

L'ensemble de ces dispositions paraît très-convenable et préférable aux prises d'air souterraines ou à fleur du sol.

L'introduction de l'air nouveau dans la salle se fait par des entrevoux ménagés sous les planchers des loges et auxquels on a pu donner $0^{m},15$ de hauteur. Aux deux amphithéâtres supérieurs, où le public peut être parfois nombreux et serré, l'on a cru devoir, en outre, faire arriver de l'air par des orifices ménagés près des plafonds. Il descend ainsi de haut en bas sur la tête des spectateurs et va gagner les orifices d'évacuation ouverts sous les gradins. Son mouvement sera certainement assuré par l'énergie de l'appel; mais jusqu'à ce que l'expérience d'un été ait montré que cette arrivée d'air n'est pas incommode, j'aurai des doutes sur la convenance d'une semblable disposition, dont l'inconvénient a été très-bien constaté dans le petit amphithéâtre du Conservatoire.

Dans ce théâtre, où presque tous les étages sont disposés en gradins ou en amphithéâtres, l'évacuation de l'air vicié se fait par des orifices nombreux ouverts dans les parois verticales de ces gradins, et il va ensuite se rendre dans des gaînes verticales spéciales pour chaque étage et qui le conduisent à la coupole.

M. l'ingénieur d'Hamelincourt remarquant avec raison que les gaînes verticales destinées à l'arrivée de l'air nouveau dans les entrevoux n'étaient utiles que jusqu'à l'étage qu'elles desservaient et que leur prolongement pouvait former les gaînes d'évacuation du même étage, qui ne doivent commencer qu'à la hauteur où les autres finissent, a rendu facile cette disposition fort simple, en fermant les premières gaînes au-dessus des entrevoux par une cloison de briques. C'est ce que montre la coupe transversale de la salle représentée pl. XV où les parties des gaînes restées blanches sont celles qui amènent l'air nouveau, tandis que celles qui sont teintées en gris servent à l'extraction de l'air vicié.

L'évacuation de l'air du parterre se fait comme au Théâtre-Lyrique, par des grilles posées à fleur du plancher, ce qui présente les inconvénients que j'ai déjà signalés. Cet air se

rend dans les deux cheminées qui reçoivent les tuyaux de fumée du calorifère et qui peuvent être, l'été, chauffées par des foyers spéciaux; il se rend dans la coupole par des conduits particuliers.

Cette coupole est éclairée par une rosace centrale formant saillie à l'intérieur, entourée d'une enveloppe en verre et renfermant 675 becs de gaz disposés sur plusieurs couronnes étagées.

Concentriquement à ce foyer principal de lumière sont distribués quarante-huit lustres de diverses grandeurs appelés grandes pénétrations et portant ensemble 888 becs ou trous, et plus près du centre douze lustres intermédiaires formés par des tubes circulaires percés chacun de 102 trous, soit en tout 1224 orifices.

Cet appareil d'éclairage suffit pour déterminer un appel assez énergique pendant l'hiver, même quand il n'est pas complétement allumé, ce qui est le cas habituel, mais il est probable que, pour la ventilation d'été, il faudra tenir l'allumage plus complet qu'il ne l'est habituellement.

568. *Observation relative aux orifices d'introduction de l'air pour la saison d'été.* — L'on remarquera, d'après cette description, que pour le théâtre de la Gaîté comme pour le Théâtre-Lyrique, l'on n'a pas ouvert des orifices auxiliaires d'arrivée d'air pour la saison d'été. Cette omission se fera peut-être sentir l'été, alors que la ventilation doit être le plus active. Mais pour remplacer ces orifices, l'on a disposé dans le pourtour du rideau, au-dessus de la scène, des conduits d'introduction d'air nouveau mis à chaque étage en communication avec l'air extérieur, et que l'on compte utiliser pendant l'été. Il eût été à désirer que ces conduits fussent prolongés jusque dans le tympan pour verser de l'air dans la salle de haut en bas.

569. *Résultats d'expériences.* — Le 13 janvier 1863, pendant une représentation, où il n'y avait dans la salle que 920 spectateurs, au lieu de 1800 qu'elle peut contenir, des expériences

ont été exécutées pour reconnaître les volumes d'air nouveau introduits et les volumes d'air vicié évacués par la coupole.

370. *Introduction de l'air nouveau.* — Les orifices d'introduction de l'air nouveau, qui ont été ouverts, sont au nombre de dix et présentent ensemble une superficie totale de $6^{m.q},3316$, ce qui, pour 1800 places, correspond à $0^{m.q},0035$ par place, tandis qu'au Théâtre-Lyrique la section du conduit de prise d'air est proportionnée dans le rapport de $0^{m.q},0055$ par place.

Dans les expériences du 13 janvier le volume d'air nouveau introduit en 1″ a été de $6^{m.c},1863$ et la section totale de passage étant de $6^{m.q},3316$, la vitesse moyenne a été de $0^{m},977$ en 1″. Au Théâtre-Lyrique, le 9 décembre 1862, la vitesse moyenne dans le conduit d'arrivée de l'air avait été trouvée égale à $0^{m},95$.

Le volume de $6^{m.c},1863$ en 1″ correspond à 22 271 mètres cubes admis en une heure, et le marché passé avec l'entrepreneur des travaux exigeait l'introduction de 25 000 mètres cubes avec tolérance de 10 pour 100 au moins, ce qui fixe le minimum à 22 500 mètres cubes.

Dans le service ordinaire, qui n'est pas convenablement surveillé, une grande partie des ouvertures extérieures qui donnent accès à l'air nouveau sont habituellement fermées, et par conséquent le volume d'air affluent doit se trouver considérablement diminué; mais il ne m'en paraît pas moins certain que la proportion adoptée pour les passages de prise d'air est un peu trop faible.

371. *Évacuation de l'air vicié.* — Le volume d'air évacué par les 41 conduits qui débouchent dans la coupole et dont la surface totale est $12^{m.q},105$ s'est élevée à $14^{m.c},614$ en 1″, ou 52 612 mètres cubes en une heure.

Les conditions du marché prescrivaient une extraction de 54 000 mètres cubes par heure avec tolérance de 10 pour 100 en moins, soit 48 600 mètres cubes, par conséquent le résultat est encore dans les limites du marché. Il peut d'ailleurs

être augmenté en donnant plus d'activité d'une part à l'appel de l'air vicié du parterre et à celui de la coupole par la consommation d'une plus grande quantité de gaz.

Le nombre des spectateurs ayant été le 13 janvier de 920 seulement, la ventilation observée correspondait à

$$\frac{52\,612^{m.c}}{920} = 57^{m.c},19$$

par heure et par auditeur présent, sans qu'il en résultât aucune gêne pour le public, quand les portes des couloirs et des loges étaient fermées.

La surface totale des orifices de débouché des conduits d'évacuation étant, comme on vient de le dire, de $12^{m.q},05$, elle correspond à $\frac{12^{m.q},05}{1800} = 0^{m.q},0067$ par place. Au Théâtre-Lyrique, la proportion est de $0^{m.q},0078$ par place, et n'est peut-être pas encore assez grande.

572. *Conclusions de ces expériences.* — L'on voit par ces résultats que, si les conditions du marché sont remplies pour le volume d'air nouveau introduit et pour le volume d'air vicié extrait et si même par une conduite plus active des foyers d'appel, et par quelques modifications que je vais indiquer, elles pouvaient être dépassées, les proportions des passages sont un peu exiguës, même pour la ventilation d'hiver. Quant à celle d'été, quoique je regrette l'omission des orifices auxiliaires correspondant directement avec les entrevoux des loges, et qu'il eût été très-facile d'ouvrir, on peut espérer que les conduits établis pour amener l'air au pourtour du cadre du rideau suffiront, surtout si on les prolonge de manière à y comprendre le tympan, pour fournir le volume d'air nécessaire en cette saison.

Il convient cependant de dire que la disposition de la coupole et la construction des conduits d'évacuation, qui y débouchent, donnent lieu à une déperdition considérable de chaleur. Ces conduits qui devaient être faits avec cette ma-

tière peu conductrice de la chaleur qu'on nomme *staff* et qui est formée avec de la toile à voile enduite de plâtre, ont été exécutés en tôle mince, sans aucun enduit.

La coupole, beaucoup plus vaste qu'il n'est nécessaire, avait été d'abord partagée à peu près à moitié de sa hauteur par un plancher en bois, qui diminuait la dispersion de la chaleur. Par mesure de prudence, le service des pompiers a exigé la suppression de ce plancher en bois, mais on aurait dû le remplacer par un autre en métal recouvert d'une aire peu conductrice.

En outre, il a été établi dans cette coupole un certain nombre de cheminées d'évacuation de l'air chaud indépendantes de la cheminée générale et destinées fort mal à propos à abaisser la température intérieure pour la facilité du service des pompiers.

Ces divers défauts dans la construction donnent lieu l'hiver à une déperdition considérable de chaleur, que l'on aurait pu éviter et qui diminue les effets de l'appel exercé par la combustion du gaz.

Ajoutons que, dans ce théâtre, les becs d'éclairage des corridors sont tous isolés des conduits de ventilation, tandis que rien n'était plus facile que d'utiliser la chaleur qu'ils développent au profit de la ventilation.

573. *Observation des températures.* — Pendant les expériences précédentes, la température extérieure était de 17°, et celles de l'intérieur de la salle ont été : au parterre 22°, à l'orchestre 21°,5, à la 1re galerie 22°; et de là elles ont été en croissant de 22° jusqu'à 25° à l'amphithéâtre.

L'on voit qu'à l'exception du dernier étage de places, la température s'est maintenue à un degré assez modéré. Mais cependant il semblerait nécessaire d'augmenter les orifices et les conduits d'évacuation au-dessus de l'amphithéâtre pour y assurer un renouvellement plus énergique de l'air.

574. *Utilisation de la chaleur développée par les gaz de la coupole au profit de la ventilation.* — La température de l'air

évacué par la cheminée générale d'appel était, le 13 janvier, pendant les actes, de 38°, et pendant les entr'actes de 48°, soit en moyenne environ 42°, ce qui correspond à un accroissement de 20° par rapport à la salle dont la température était de 23°.

La consommation de gaz est de 105 mètres cubes à l'heure durant les actes, et de 144 mètres cubes à l'heure durant les entr'actes. La durée relative de ces intervalles étant d'un cinquième environ de celle de la représentation, il s'en suit qu'en supposant cinq heures d'allumage, la consommation moyenne par heure est de $\frac{4 \times 105^{m \cdot c} + 144}{5} = 113^{m \cdot c}$, qui, par leur combustion, développent environ

$$113^{m \cdot c} \times 6000 = 678\,000 \text{ unités de chaleur.}$$

Le nombre des becs établis dans la coupole était à l'origine de 1534, et celui des trous de 1394. Depuis l'on a réduit le nombre des becs à 1470 et celui des trous à 710*.

D'une autre part, le volume de 52 612 mètres cubes évacués en une heure à la température moyenne de 22° au débouché des orifices ayant reçu dans la cheminée un accroissement de température qu'on peut évaluer en moyenne à 20°; la

---

* D'après un autre relevé, fait avec soin du 1er septembre au 20 décembre 1862, ou pendant 101 soirées, la consommation totale de gaz pour l'éclairage de la salle a été de 63444 mètres cubes, ce qui revient en moyenne à $628^{m \cdot c},158$ par soirée de cinq heures, ou à $125^{m \cdot c}$ par heure; ce chiffre s'éloigne peu de celui que j'ai admis ci-dessus et comprend d'ailleurs quelques becs accessoires qui ne contribuent pas à la ventilation.

A l'origine et d'après le nombre de becs et de trous disposés, la consommation de gaz pouvait s'élever à 21162 mètres cubes par soirée de cinq heures ou à 281 mètres cubes par heure. Elle a été successivement réduite au chiffre précédent de 628 mètres cubes par soirée, qui au prix de $0^f,15$ le mètre cube qui est concédé à ce théâtre, constitue, pour 365 jours de représentation, encore une dépense de 34383 francs par an.

D'après un relevé authentique, fourni par la compagnie générale d'éclairage de Paris, la consommation faite pour l'éclairage de la coupole, pendant les mois de janvier et de février, ou en 59 jours, a été de 575 mètres cubes par soirée, ou de 115 mètres cubes par heure, soit 0,41 de la consommation normale.

chaleur qu'il avait absorbée et utilisée pour la ventilation peut être estimée approximativement à

$$52\,120^{m.c} \times 1^{kil},20 \times 20^{0} \times 0.237 = 229\,257 \text{ calories.}$$

Par conséquent, la portion de la chaleur développée par le gaz, que l'on peut regarder comme utilisée pour la ventilation, n'est que de $\frac{229\,257}{678\,000} = 0.44$.

Ce rapport est bien inférieur à celui que nous avons trouvé pour le Théâtre-Lyrique, et la différence me semble devoir être pour la plus grande partie attribuée à la construction en tôle des conduits supérieurs d'évacuation, mais surtout à l'absence d'un plancher qui les isole en partie de la coupole en fer, et à l'existence des cheminées d'aérage, des fenêtres, ouvertes par les agents du service, précisément pour en abaisser la température, ce qui est tout à fait l'inverse de ce qu'il faudrait faire pour utiliser la chaleur développée par le gaz; nouvel exemple des conséquences de l'absence d'un contrôle intelligent de la conduite des appareils.

575. *Conclusions.* — Malgré les critiques de détails que je viens de faire de quelques-unes des dispositions relatives à la ventilation du théâtre de la Gaîté, l'ensemble en est satisfaisant, et il y aurait peu de modifications à y introduire. Les principales seraient la suppression des cheminées d'aérage et la clôture absolue des fenêtres de la coupole qui nuisent à l'énergie de l'appel.

L'utilisation de la chaleur de tous les becs d'éclairage au profit de la ventilation;

L'augmentation des orifices d'appel disposés à l'amphithéâtre;

L'enveloppement de tous les conduits d'évacuation en tôle avec une matière peu conductrice de la chaleur;

L'établissement d'un plancher peu conducteur aussi de la chaleur, pour concentrer aux abords de la coupole toute celle qui est émise par les appareils d'éclairage.

Théâtre du Cirque.

576. Les dispositions indiquées dans le programme adopté par la Commission et dans le projet rédigé par l'ingénieur de la maison L. Duvoir-Leblanc, n'ayant pas été acceptées par l'administration de la ville de Paris, qui les a trouvées trop dispendieuses pour un semblable théâtre, nous n'avons pas eu à nous en occuper, quant à l'exécution. Mais il ne m'en a pas moins paru utile de chercher à étudier les effets de celles qui leur ont été substituées.

Dans le projet exécuté, on avait d'abord supprimé complétement les entrevoux sous les planchers des loges, destinés à l'arrivée de l'air nouveau, et on leur avait substitué :

1° Un agrandissement considérable de l'orifice concentrique à la rampe placé entre cette rampe et l'orchestre, en portant sa largeur à $0^m,90$.

2° Un autre orifice sans grille, également concentrique à la rampe et placé entre cette rampe et les acteurs, ayant $0^m,11$ de largeur sur 9 mètres de développement.

3° Des conduits entourant les côtés verticaux du rideau et que l'on aurait dû prolonger dans le tympan.

Tous ces conduits devaient être d'ailleurs alimentés d'air nouveau fourni par des chambres à air, où se ferait un mélange convenable d'air chaud et d'air frais.

La prise d'air pour les calorifères et leurs chambres de mélange, se fait par des grilles placées sur les trottoirs du passage intérieur des voitures de l'Empereur, et celle qui est destinée à alimenter le cadre du rideau par les deux cours latérales voisines de la scène. Cette dernière disposition est préférable à la première et à celle que nous nous étions d'abord crus obligés d'adopter. Mais on a négligé de prescrire la clôture absolue des fenêtres, qui sont pratiquées dans les

parois de ces cours, ce qui peut avoir par la suite, l'inconvénient de les rendre insalubres.

Plus tard, et avant l'achèvement du théâtre, des ordres supérieurs firent revenir partiellement à l'établissement d'entrevoux au premier et au deuxième étage, et on verra bientôt l'utilité de cette mesure, qui n'a eu d'autre défaut que d'être tardive et incomplète. Elle a fourni à peu près le seul moyen convenable qui subsiste encore pour faire affluer de l'air nouveau.

Quant à l'évacuation de l'air vicié, elle a été disposée à peu près d'après les indications de la Commission, avec cette différence cependant, que les conduits partiels, qui, du plafond de chaque étage de loges ou de places, évacuent l'air vers la coupole, n'ont pas été isolés les uns des autres, et sont communs à tous les étages, ce que je ne crois pas convenable pour assurer partout une évacuation régulière.

La ventilation du parterre est faite par deux cheminées spéciales munies d'un foyer auxiliaire pour donner à l'appel l'énergie nécessaire. Ces cheminées débouchent séparément au-dessus des toits des bas côtés.

Le lustre projeté ayant été remplacé par une coupole éclairée par 1506 becs de gaz, l'aspiration a d'ailleurs eu une énergie très-suffisante pour assurer l'évacuation de l'air vicié des autres parties de la salle.

Il est juste d'ajouter que, si les dispositions adoptées ne paraissent pas, à beaucoup près, aussi convenables que celles qui avaient été proposées par la Commission, on ne saurait en faire reproche à l'ingénieur de la maison L. Duvoir, qui les a exécutées, puisqu'il avait été forcé de renfermer les dépenses dans une limite à peu près donnée et de renoncer à celles qu'il aurait préférées.

577. *Résultats d'expériences.* — Le 11 août 1862, des expériences d'étude ont été faites au théâtre du Cirque, pour constater les volumes d'air introduits et évacués. Le public n'était pas présent dans la salle.

578. *Introduction de l'air nouveau.* — Cette introduction ayant lieu par cinq séries d'orifices différents, on a opéré successivement sur chacune d'elle et on a trouvé les résultats suivants :

1° Par les entrevoux du 1er étage.....	6112m.c	12924m.c
2° Par les entrevoux du 2e étage.....	6212	
3° Par la grille en avant de la rampe.....	3804	10533
4° Par l'orifice concentrique en arrière de la rampe.	6729	
5° Par le cadre du rideau.	15141	
Total.....	38597m.c	

Ce volume dépassait donc de beaucoup celui de 20 000 mètres cubes promis par le constructeur, mais il n'atteignait pas à cette époque la moitié de celui de 90 000 mètres cubes qui devait être extrait, d'après les bases admises par la Commission.

Après l'ouverture de ce théâtre, on y reconnut, comme au Théâtre-Lyrique, que l'introduction de l'air par des orifices concentriques à la rampe gênait les acteurs et était intolérable pour les musiciens de l'orchestre. Il devint indispensable d'y renoncer, en fermant ces orifices, au moins pendant les actes, sauf à se réserver, si c'était nécessaire, le moyen de les ouvrir pendant les entr'actes, afin de diminuer l'appel trop énergique, qui se fait alors par les couloirs et par les portes ouvertes des loges.

Outre cette restriction nécessaire, mais déjà regrettable, des orifices d'arrivée de l'air, le directeur du théâtre, de sa propre autorité, et sans en donner avis, a fait fermer les conduits qui devaient amener une partie de l'air frais à mêler avec l'air chaud, pour alimenter les orifices disposés autour du cadre du rideau.

Il est résulté de ces deux suppressions, que des cinq séries d'orifices d'admission de l'air, il n'en reste plus que deux en activité, celles des entrevoux des premières et des secondes loges, auxquels l'ingénieur de la maison L. Duvoir a cru devoir ajouter des orifices d'admission qu'il a pratiqués au fond du parterre dans la paroi verticale du mur; mais,

l'air nouveau que fournissent ces derniers orifices, arrive au-dessus de la tête des spectateurs et leur est fort incommode, ainsi que cela a été constaté le 5 mai, à l'occasion des observations de température dont il sera parlé plus loin.

Malgré cette addition, les passages d'arrivées d'air nouveau sont insuffisants pour la saison d'hiver et le seraient encore bien davantage pour celle d'été, si l'ingénieur, M. Guérin, n'avait trouvé le moyen de mettre les entrevoux du premier et du deuxième étage en communication directe avec l'air extérieur.

579. *Utilité des communications directes des entrevoux avec l'air extérieur.* — C'est à ces communications que M. Guérin a dû, en été, de pouvoir obtenir par une température extérieure de 14° à 15°, l'introduction de 12 924 mètres cubes d'air nouveau par heure, au moyen d'entrevoux qui n'avaient qu'une hauteur intérieure de $0^m,07$ à $0^m,08$.

Cet exemple montre d'une manière irrécusable combien cette disposition, pour l'exécution de laquelle nous avons vainement insisté auprès de l'architecte du Théâtre-Lyrique, est propre à assurer l'été l'entrée directe de l'air nouveau.

En effet, si ces entrevoux avaient eu, comme cela était possible dès l'origine, aux deux théâtres, $0^m,12$ à $0^m,15$ de hauteur, et s'ils avaient été pratiqués aux quatre étages, le volume d'air admis, sans frais, au théâtre du Cirque, aurait pu s'élever à près de 45 000 ou 50 000 mètres cubes par heure par ces seuls orifices.

Il faut espérer que cette démonstration si évidente de l'exactitude des principes qui nous avaient guidés, quand nous avons insisté sur l'utilité de ces entrevoux, paraîtra maintenant assez incontestable pour que, dans des travaux futurs, on en tienne compte.

580. *Évacuation de l'air.* — L'appel de l'air vicié se fait comme je l'ai dit plus haut, pour le parterre, par deux cheminées qui reçoivent les tuyaux de fumée des calorifères, et

qui peuvent, au besoin, l'été, être chauffées par des foyers spéciaux.

Les orifices d'appel du parterre sont placés à fleur du plancher et recouverts par des grilles, ce qui offre les inconvénients que j'ai signalés pour le Théâtre-Lyrique.

De chaque côté où sont les baignoires, il y a cinq bouches qui amènent l'air vicié dans les cheminées d'évacuation.

531. *Résultats d'expériences.* — Des expériences faites le 11 août 1862, ont donné, pour les volumes d'air évacués aux différents étages de places les valeurs suivantes :

ÉTAGES.	NOMBRE de places.	VOLUME total d'air extrait par heure.	VOLUME d'air extrait par place et par heure.	SURFACE totale des passages.	SURFACE de passage par place.
		m.c.	m.c.	m.q.	m.q.
Orifices du parterre et orifices voisins des baignoires.....	916	17503	19,11	2,84	0,0031
1er étage..... 380					
2e étage..... 368	1116	64431	57,73	21,26	0,0191
3e étage..... 368					
4e étage, amphithéâtre..	944	24862	26,34	5,68	0,0060
	2976	106 996	35,95	29,78	0,0100

On remarque dans ces résultats des différences très-notables dans les volumes d'air évacués par place, selon les étages. Ainsi, tandis qu'au parterre il n'est que $19^{m\cdot c},1$ par place et à l'amphithéâtre de $26^{m\cdot c},34$, il s'élève pour les 1er, 2e et 3e étages à $57^{m\cdot c},73$.

En examinant la proportion des sections de passage de cet air, dans lesquelles les observations ont été faites, on trouve, au moins en partie, l'explication des différences précédentes. Ces sections rapportées à l'unité de place, étaient en effet au parterre $0^{m\cdot q},0031$. aux 1er, 2e et 3e étages $0^{m\cdot q},0191$, à l'amphithéâtre $0^{m\cdot q},0060$ par place.

Ces chiffres montrent, que les orifices d'évacuation de l'air vicié de l'amphithéâtre pour lequel l'action aspiratrice due à la chaleur de la coupole, était sensiblement la même que pour les 1er, 2e et 3e étage, étaient en proportion beaucoup trop petits, et qu'ils auraient dû être au moins doublés, si ce n'est triplés. Depuis ces expériences, le constructeur a augmenté les orifices d'appel de cette partie de la salle et en a porté l'ensemble à $9^{m \cdot q},18$, ce qui correspond à $0^{m \cdot q},0097$ par place.

Quant aux sections de passage de l'air vicié du parterre, elles étaient aussi trop restreintes, et le constructeur l'ayant reconnu, il en a accru le nombre et en a porté la section totale à $7^{m \cdot q},34$, ce qui correspond à $0^{m \cdot q},0080$ par place et ne me paraît pas encore tout à fait suffisant.

On a, il est vrai, la ressource d'activer le tirage par un accroissement du feu entretenu dans les cheminées d'appel particulières au parterre.

Le résultat général, qui indique une évacuation de 106 996 mètres cubes d'air vicié par heure, ou de $35^{m \cdot c},95$ par place, en supposant la salle pleine, dépasse de 0,15 celui qui avait été demandé par la commission, et la proportion de $0^{m \cdot q},01$ par place pour la section moyenne de passage de l'air vicié, paraît être convenable; bien qu'il puisse cependant être préférable de l'accroître pour l'amphithéâtre, où les spectateurs sont plus serrés et où, quoi qu'on fasse, une partie de l'air chauffé par le lustre ou par le plafond éclairé, arrive toujours en plus grande proportion.

Telles sont les seules observations qu'il nous ait été possible de faire sur les appareils établis au théâtre du Cirque. Peu de temps après son ouverture, le directeur a cessé de les faire fonctionner, une partie des arrivées d'air régulières, déjà insuffisantes, ont été fermées, et si l'évacuation de l'air vicié se fait encore, ce n'est plus que sous l'action d'un éclairage restreint à des proportions infiniment moindres que celles qui avaient été prévues par l'administration de la ville.

Des résultats d'expériences faites le 16 janvier 1863, par

M. Guérin, semblent indiquer que le volume d'air évacué n'était ce jour-là que de 53 000 mètres cubes environ par heure, ce qui, pour les 2976 places, ne correspondrait plus qu'à $17^{m.c.},80$ par heure et par spectateur, au lieu du volume de 30 mètres cubes qui avait été fixé comme limite inférieure.

532. *Observations de température faites le* 2, *le* 3 *et le* 5 *mars* 1863. — A l'occasion de la nouvelle pièce intitulée *la Bataille de Marengo*, j'ai fait faire pendant trois représentations des observations de température, suivies pendant toute la soirée aux stalles d'orchestre, à l'amphithéâtre supérieur et au parterre. Les résultats en sont consignés dans le tableau suivant :

MOMENTS des observations.	HEURES.	TEMPÉRATURES.	OBSERVATIONS.
2 MARS. Stalles d'orchestre. 2e rang.			
à l'extérieur...	6h 50′	14,0	Pendant les actes un courant d'air froid très-vif s'établit de la scène vers la salle. Il est assez sensible pour agiter les plumes des chapeaux des dames. La fumée de la poudre se répand dans toute la salle et provoque une toux presque générale.
	7 00	16,5	
1er acte.....	7 40	18,0	
1er entr'acte...	7 50	21,0	
	8 20	18,5	
2e acte.....	8 45	18,5	
2e entr'acte....	8 53	22,0	
3e acte.....	9 25	19,5	
3e entr'acte....	10 20	22,0	
4e acte.....	11 10	19,0	
3 MARS. A l'amphithéâtre supérieur.			
à l'extérieur...	6h 45′	15,5	La fumée se répand dans toute la salle.
	7 10	23,0	
1er acte.....	7 35	24,0	
	7 55	24,0	
Entr'acte.....	8 5	18,0	
	8 30	26,0	
2e acte.....	8 55	29,0	
Entr'acte.....	9 0	24,5	
	9 30	27,0	
3e acte.....	9 55	27,0	
Entr'acte.....	10 10	25,0	
	10 30	29,0	
4e acte.....	11 10	30,0	
Entr'acte.....	11 20	25,5	
5e acte.....	11 45	29,0	
5 MARS. Au fond du parterre.			
à l'extérieur ..	6h 00′	15,0	Les spectateurs placés au fond du parterre sont incommodés par l'arrivée d'un courant d'air froid au-dessus de leur tête.
avant le lever du rideau....	7 00	20,0	
	7 40	23,0	
1er acte.....	8 00	23,5	
Entr'acte.....	8 5	22,0	
	8 25	25,0	
2e acte.....	8 40	25,0	
Entr'acte.....	8 55	22,5	
	9 5	28,0	
3e acte.....	9 40	28,0	
Entr'acte.....	9 55	23,5	
	10 00	24,0	
4e acte	10 20	28,0	
	10 40	29,0	
Entr'acte.....	11 10	24,0	
5e acte.....	11 45	28,0	

585. *Conséquences des observations précédentes.* — Ces observations de température présentent des résultats assez remarquables et qui mettent bien en évidence le vice des dispositions adoptées pour ce théâtre.

Celles du 2 mars, faites par un spectateur placé au second rang des stalles d'orchestre, montrent d'une manière très-nette que l'alimentation d'air nouveau se fait à ce théâtre, pour la plus grande partie, par la scène. Un courant gênant, froid et assez vif pour agiter les chapeaux des dames assises à ces places se produisait pendant les actes et maintenait alors à cet endroit la température à 18 ou 19°.

Pendant les entr'actes, au contraire, la toile étant baissée et l'arrivée d'air de la scène interrompue ou gênée, malgré la sortie d'une partie du public et l'ouverture des passages, la température montait immédiatement à 21 et 22°.

Les observations faites le 3 mars à l'amphithéâtre supérieur, et le 5 mars au fond du parterre, signalent des inconvénients différents. A partir de 9 heures, la température au parterre et à l'amphithéâtre s'est élevée à 28, 29 et même 30°, tandis qu'à l'extérieur elle était de 15° à 15°,5, ce qui correspond à une augmentation de 13 à 14°. Il est donc à craindre que l'été, lorsqu'à l'extérieur l'air sera le soir à 20°, la température intérieure n'atteigne 35°.

Malgré l'élévation de la température au fond du parterre, les spectateurs sont incommodés par l'arrivée de l'air qui afflue par les orifices ouverts dans la paroi du fond ; ce qui confirme l'opinion que nous avions émise au sujet des arrivées d'air nouveau par le fond des loges (nos **506** et suiv.).

L'on remarquera que, pendant les entr'actes, une grande partie des spectateurs sortant, et, les portes des loges et des couloirs restant ouvertes, il se produit chaque fois au fond du parterre et à l'amphithéâtre un abaissement de température de 4 à 5°, mais qu'aussitôt la rentrée du public, le thermomètre recommence à monter dans ces parties de la salle, tandis qu'il baisse à l'orchestre par suite de l'affluence de l'air venant de la scène.

584. *Inconvénients et conséquences de l'insuffisance des passages de l'air nouveau.* — Tous ces effets montrent que, dans ce théâtre, l'entrée de l'air nouveau ne pouvant pas se faire en quantité suffisante par des orifices convenablement disposés et le versant dans la salle à une température proportionnée à celle de l'air extérieur, tandis qu'au contraire l'appel de l'air vicié conserve encore une énergie notable, malgré la restriction énorme apportée à la consommation du gaz dans la coupole, il se produit de la scène vers la salle un courant d'air froid très-désagréable. Ce courant est d'autant plus intense, que le fond de la scène est en communication directe avec une cour inférieure ouvrant dans la rue. Malgré l'interposition d'un immense panneau à coulisse, destiné à masquer cette communication, il arrive sur la scène un volume considérable d'air froid qui l'aurait transformée en une véritable glacière si l'hiver avait été plus rigoureux. Il serait nécessaire de fermer et de couvrir complétement cette cour, dont il n'avait été donné nulle indication à la Commission lors de la discussion du projet. Si elle ne peut être couverte, il faudrait la munir de doubles portes et la chauffer énergiquement. Sans cette précaution, le séjour aux places d'orchestre et d'avant-scène ne sera pas supportable pendant un hiver rigoureux.

585. *Effet de l'omission d'une cheminée d'évacuation spéciale pour la scène.* — Enfin le projet approuvé par la Commission comprenait page 56, art. 11 et le dessin joint à notre rapport représente une cheminée d'évacuation spéciale à la scène et qui devait servir pour le cas des combats simulés, où l'on brûle parfois beaucoup de poudre. Des becs de gaz devaient y être allumés au moment convenable, afin d'y déterminer un appel assez énergique pour produire l'évacuation de la fumée.

Cette cheminée n'a pas été construite, et dès lors, ainsi que cela était facile à prévoir, l'appel qui se fait de la scène vers la salle a tous les inconvénients que nous avions voulu éviter.

La nouvelle pièce que l'on joue depuis quelques jours en fournit un exemple des plus désagréables pour les spectateurs : au moment des combats figurés, la fumée se répand dans toute la salle et y devient vraiment intolérable.

Si l'on avait suivi les indications que nous avions données, après de longues discussions, on aurait assuré par les entre-voux des divers étages de loges, par les orifices ménagés autour du cadre du rideau, une abondante alimentation d'air pour l'intérieur de la salle, dans laquelle il ne serait alors arrivé que peu d'air venant de la scène. D'une autre part, l'action de la cheminée spéciale de ventilation de la scène, mise en jeu un peu avant le moment des grandes combustions de poudre, aurait déterminé dans cette partie un mouvement ascendant préalable, auquel les gaz auraient obéi dès leur développement, et l'inconvénient de la fumée aurait été très-atténué, s'il n'avait pas même été tout à fait évité.

L'économie que l'administration de la ville de Paris a cru devoir réaliser en adoptant des dispositions incomplètes pour le théâtre du Cirque, où les difficultés étaient les plus grandes, n'a donc abouti qu'à rendre bien peu profitables, si ce n'est à peu près inutiles, les dépenses encore très-considérables qui ont été faites; car, malgré l'énergie de l'appel que pourrait produire l'éclairage splendide qu'on y a installé, le volume d'air nouveau admis et le volume d'air vicié extrait sont insuffisants pour empêcher la température de s'élever au fond de la salle en hiver à 29 et à 30°, et la fumée des combats figurés infecte la salle.

En même temps qu'une partie des spectateurs éprouve ces inconvénients, d'autres, aux places d'orchestre ou au fond du parterre, ressentent d'une manière désagréable l'arrivée d'un air trop frais.

D'une autre part, les modifications que le directeur de ce théâtre s'est permis d'introduire de son autorité privée ont contribué pour beaucoup à altérer encore l'effet des dispositions déjà incomplètes qui ont été prises.

586. *Observations sur l'éclairage.* — Enfin, en faisant installer à grands frais dans ce théâtre des appareils puissants d'éclairage, l'on s'était proposé de le doter d'une grande abondance de lumière propre à rehausser l'éclat du spectacle. Le nombre des becs consacrés à la salle seule était de

608 becs pouvant consommer			0$^{m\cdot c}$,100	à l'heure, ou ensemble		60$^{m\cdot c}$,800
868	—	—	0 ,150	—	—	190 ,70
1506 becs.					Total par heure...	255$^{m\cdot c}$,300

Par des réductions successives, le directeur de ce théâtre a diminué la consommation, et par des relevés faits du 1er août au 20 décembre 1862, il a été reconnu que le volume de gaz dépensé ne s'est élevé, pour 142 soirées, qu'à 42 692 mètres cubes; soit par soirée de 5 heures, 307$^{m\cdot c}$,697, ou par heure, 61$^{m\cdot c}$,539, ou 0,24 de la consommation primitive.

D'après un autre relevé authentique fourni par la compagnie générale d'éclairage au gaz de Paris, la consommation pendant les mois de janvier et de février 1863 n'a été pour la coupole que de 17 044 mètres cubes en 59 jours, ou de 288 mètres carrés par jour; soit 57$^{m\cdot c}$,06 par heure, ou 0,226 de la consommation primitive.

Tout en blâmant l'économie exagérée que la direction du théâtre a apportée à la dépense de gaz, on peut se demander si, pour obtenir la lumière que produit la consommation de 60 mètres cubes de gaz, en passant à travers un plafond de verre dépoli, qui absorbe au moins 0,30 de celle qui est développée, et avec des appareils placés à une distance qui est au moins une fois et demie celle à laquelle aurait pu être établi un lustre ordinaire de 200 à 250 becs, consommant 40 à 50 mètres cubes de gaz par heure, il est avantageux pour la ville d'avoir fait la dépense d'une semblable installation. Cela me semble douteux, et le seul résultat réellement utile de la grande consommation de gaz, qui devrait être faite normalement, me paraît se réduire à l'activité qu'elle donne à la ventilation. Mais cette même activité pourrait être, je crois, obtenue par des moyens plus économiques.

C'est dans ce sens que, pour les constructions futures, je crois devoir appeler l'attention de l'administration sur cette partie de la question, en ajoutant que, pour l'éclairage comme pour le chauffage et la ventilation, un contrôle régulier de la marche des appareils est également nécessaire. Les libertés grandes que prennent MM. les directeurs de théâtre démontrent surabondamment que ce n'est pas à eux que ces branches du service doivent être confiées.

537. *Conséquences générales des expériences sur la ventilation des nouveaux théâtres.* — Des expériences que nous venons de rapporter, et que des circonstances indépendantes de notre volonté ne nous ont pas permis jusqu'ici de multiplier autant que nous l'aurions voulu, l'on peut conclure :

1° Que l'ensemble des dispositions prises dans ces théâtres pour l'évacuation de l'air vicié fonctionne comme l'avait espéré la Commission ;

2° Que les arrivées d'air nouveau par les orifices concentriques à la rampe, à fleur du plancher de la salle, ne sont pas acceptables ;

3° Que l'arrivée de l'air par les entrevoux d'une hauteur convenable, ayant pour l'été des communications faciles avec l'air extérieur, est un moyen certain d'y faire affluer le volume d'air nécessaire selon les saisons ;

4° Que l'introduction de l'air nouveau par le cadre du rideau et par le tympan qui le recouvre peut être aussi très-utile, en ayant soin de ne disposer les orifices du cadre qu'à 6 ou 7 mètres au-dessus du sol de la scène ;

5° Que la manœuvre des appareils pour proportionner l'activité de la ventilation, selon les saisons et le nombre des spectateurs, ne présente aucune difficulté qu'un chauffeur attentif ne puisse surmonter.

Mais, en même temps, il résulte aussi des faits signalés que

le service de ces appareils ne doit, dans aucun cas, être soumis à l'action des directeurs de théâtre, et qu'il doit être fait en régie ou par abonnement, au compte de la ville, sous la surveillance d'un contrôle continu qui constate si les conditions du service sont remplies. Ce n'est qu'à cette condition que l'on pourra être assuré que les sacrifices considérables faits par la ville pour l'amélioration de ces théâtres ne l'auront pas été en pure perte.

L'administration de la ville de Paris, éclairée par l'expérience de la saison d'hiver de 1862—63, prendra sans doute les mesures nécessaires pour mettre un terme à l'abus que MM. les directeurs des théâtres faisaient de la trop grande latitude qui leur avait été laissée. Un contrôle spécial, indépendant de la direction des théâtres, a été tout récemment organisé et servira à connaître les résultats obtenus et les améliorations à introduire. Il sera sans doute suivi de mesures plus efficaces.

588. *Observation sur les consommations de gaz réellement faites dans les nouveaux théâtres.* — Après avoir cherché à me procurer des renseignements aussi exacts que possible sur les consommations de gaz faites dans les coupoles de ces théâtres, et dont la chaleur est en partie utilisée pour produire l'appel, j'ai eu recours à la Compagnie générale d'éclairage de la ville, qui seule pouvait me fournir des chiffres authentiques à l'abri de toute contestation. Les résultats qui m'ont été transmis sont consignés dans le tableau suivant, et j'y ai ajouté en regard les consommations qui devaient résulter des nombres et des proportions des becs établis, ainsi que le rapport des consommations réelles aux consommations maxima.

CONSOMMATION DE GAZ D'ÉCLAIRAGE FAITE DANS LES NOUVEAUX THÉATRES DE PARIS POUR L'ÉCLAIRAGE DE LA COUPOLE.

DÉSIGNATION des théâtres.	MOIS.	NOMBRE de jours.	VOLUME CONSOMMÉ			VOLUME correspondant au nombre de becs par heure.	RAPPORT du volume réel au volume normal
			Total.	par soirée de 5 heur.	par heure.		
			m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	
Lyrique.....	Janvier.. 31 Février.. 28	59	13902 12787	452,3	90,5	295,0	0,306
Du Cirque.....	Janvier.. 31 Février.. 28	59	9838 7206	288,0	57,6	255,0	0,226
De la Gaîté.....	Janvier.. 31 Février.. 28	59	18680 15248	575,0	115,0	232,5	0,494

Les réductions apportées par les directeurs, sans aucune autorisation, à la consommation du gaz qui doit servir non-seulement à l'éclairage, mais encore à la ventilation, montrent les conséquences fâcheuses qu'entraîne l'absence de contrôle sur le service intérieur des salles. Mais cependant il est juste de reconnaître que les dispositions prises et le nombre de becs établis ont été notablement exagérés, par suite du doute fort naturel que l'on devait avoir sur le succès de ce mode d'éclairage. Aujourd'hui que l'expérience est faite, il y a lieu de penser qu'avec des dispositions convenables et un service bien réglé, on pourrait réduire le nombre de becs ou la consommation maximum.

L'ensemble des expériences précédentes montre qu'avec les dispositions prises, qui ne sont pas les plus convenables sous certains rapports, on peut obtenir une évacuation moyenne de 450 mètres cubes d'air vicié au moins par mètre cube de gaz brûlé. En se basant donc sur une évacuation de 400 mètres cubes seulement, et sur une ventilation de 30 mètres cubes par heure et par spectateur, les consommations normales de gaz à faire dans ces trois théâtres pour produire l'appel de l'air vicié devraient être :

	THÉATRE		
	LYRIQUE.	DU CIRQUE.	DE LA GAIÉTÉ
Nombre de places.....	1640	2976	1800
Mètres cubes de gaz à brûler par heure.....	123	223	135
Charbon équivalent.....	104	188	115

589. *Avantages et inconvénients de l'éclairage par un plafond vitré.* — Ainsi que je l'ai dit précédemment, le moment n'est peut-être pas encore venu de juger définitivement le mode d'éclairage qui a été introduit dans les nouveaux théâtres, et il faut laisser au temps le soin de le faire apprécier.

Cependant il y a lieu d'appeler l'attention sur quelques circonstances importantes.

Lorsque cet éclairage est complet, que tous les becs sont alimentés en plein, la lumière répandue dans la salle est vraiment splendide ; sa diffusion générale ne gêne la vue d'aucun rang de spectateurs. Mais cette lumière est un peu rougeâtre, et, comme elle éclaire tout à fait d'en haut, il en résulte sur le visage des ombres allongées d'un effet peu agréable.

La chaleur considérable développée par le gaz donne à l'appel de l'air vicié une activité très-favorable à l'assainissement de la salle et pour laquelle il n'est pas nécessaire d'en pousser la consommation à sa limite supérieure, comme nous l'avons indiqué ; elle n'est pas d'ailleurs utilisée de la manière la plus favorable. Mais cette chaleur, dont une partie traverse le plafond vitré, cause aux spectateurs, à presque tous les étages de loges, une sensation très-désagréable et assez incommode à percevoir à la tête, et qui cependant n'a qu'une influence indirecte sur l'élévation de la température.

Sous ce rapport et sous celui des ombres portées, la disposition adoptée au théâtre de la Gaîté, et par laquelle la

lumière est projetée par des foyers disposés sur le contour extérieur du plafond, paraît plus favorable que celle des deux autres théâtres.

Ces divers inconvénients et la dépense considérable qu'occasionne la consommation d'un énorme volume de gaz s'opposeront probablement à la généralisation des dispositions essayées dans ces théâtres, et l'on trouvera sans doute des moyens plus économiques, tout aussi efficaces, d'éviter les désagréments des anciens lustres, tout en répandant dans les salles une lumière abondante et bien distribuée, et en utilisant mieux au profit de la ventilation la chaleur développée.

390. *Comparaison des températures observées dans les anciens et dans les nouveaux théâtres.* — Bien que la modération seule de la température ne soit pas l'unique indice d'une bonne ventilation, l'uniformité des températures aux différents étages de places dans un théâtre peut servir à en apprécier au moins les effets généraux.

Pour pouvoir comparer sous ce rapport les deux théâtres de premier ordre, l'Opéra et le théâtre Italien, avec le théâtre Lyrique, j'ai fait observer pendant un certain nombre de soirées les températures en différents points de ces deux salles. M. Martin, secrétaire général de l'Opéra, qui m'a prêté son concours pour ces observations, avait eu aussi l'obligeance de me communiquer des résultats d'observations recueillies un jour d'été, en 1859, par ses soins, par M. Neumann.

TEMPÉRATURES OBSERVÉES DANS UNE LOGE DES PREMIÈRES A UNE REPRÉSENTATION DES VÊPRES SICILIENNES, LE 22 JUILLET 1859.

HEURES des observations.	TEMPÉRATURES.	NOTES.
7h 2'.....	23°,05[1]	La température extérieure était à 3 heures de l'après-midi de 21°,5 et à minuit de 20°,25.
7 10.....	24 ,00	
7 15.....	25 ,25	
7 35.....	26 ,00[2]	1. Quelques instants avant l'entrée du public.
7 45.....	26 ,00	2. A la levée du rideau.
8 10.....	27 ,00	3. Deuxième entr'acte.
8 50.....	26 ,50[3]	4. Troisième acte.
9 10.....	27 ,50[4]	5. Quatrième acte.
10 0.....	32 ,00	
10 10.....	30 ,00	
10 30.....	28 ,00[5]	
11 5... ..	27 ,00	
7 30.....	26 ,00	

A partir de 10 heures, beaucoup de portes de loges sont restées ouvertes jusqu'à la fin du spectacle.

L'on voit par ces observations à quel degré peut s'élever dans ce théâtre, aux premières loges, la température peu de temps après l'entrée du public. Il est fâcheux que l'on n'ait pas le même jour constaté la température aux étages supérieurs de loges; on l'eût probablement trouvée de 36 à 38°. La seule ressource des spectateurs est alors d'ouvrir complétement les portes des loges pour laisser arriver l'air des corridors et des escaliers, au risque d'éprouver les fâcheux effets du courant d'air.

591. *Température de la scène.* — D'autres observations beaucoup plus complètes, et continuées jour par jour pendant six mois, ont été faites pour déterminer les variations de température qui ont lieu sur la scène. Les résultats moyens de ces observations sont consignés dans le tableau suivant :

1862	TEMPÉRATURES MOYENNES observées sur la Scène			TEMPÉRATURES extérieures moyennes.	AUGMENTATIONS de température pendant les représentations.
	à 7 heures.	à 9 heures.	à 11 heures.		
	°	°	°	°	°
Janvier.....	16,0	19,1	20,5	2,7	4,5
Février.....	17,2	19,7	20,9	6,0	3,7
Mars.....	17,5	19,5	21,3	10,4	3,8
Avril.....	17,5	19,2	23,0	12,9	5,5
Mai.....	20,1	22,8	24,0	17,1	3,9
Juin.....	21,2	23,4	24,8	17,0	3,6
Moyenne.....					4,2

L'on reconnaît par ces observations que la température va sans cesse en augmentant sur la scène à mesure que la représentation se prolonge. L'été elle dépasse 24° et doit devenir gênante pour les artistes. Il importe donc de la modérer par des introductions d'air nouveau convenablement disposées. L'on voit aussi que, si les moyens de chauffage sont assez puissants pour maintenir à l'intérieur de la scène une température supérieure de 14 à 18° au-dessus de celle de l'air extérieur pendant l'hiver, les moyens de ventilation sont tout à fait insuffisants pour empêcher la température intérieure de s'élever beaucoup au-dessus de celle de l'extérieur pendant l'été.

392. *Observations faites en* 1863. — *Théâtre de l'Opéra.* — Pour compléter les observations précédentes et constater, comme point de départ des améliorations à introduire dans la construction du nouvel Opéra, l'état de choses actuel, j'ai fait entreprendre des observations suivies dans les différentes parties du théâtre.

A cet effet, des thermomètres ont été placés en différents points de la salle et de la scène, et l'on a noté leur marche

comparative pendant plusieurs représentations et l'on y a constaté des résultats qui peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

Salle. — Pendant les mois de février et de mars, à des jours où la température extérieure du soir n'a varié que de + 4°,5 à 8°, et a été en moyenne de + 5°,7, la température intérieure s'est élevée à très-peu près régulièrement, depuis le commencement jusqu'à la fin des représentations, à l'orchestre, de 5°. La température normale pendant le spectacle devant être et étant d'environ 22 à 23°, celle du commencement était à l'ouverture de 16 à 17° à l'orchestre.

La température aux places d'amphithéâtre et aux loges supérieures a été trouvée, à partir de 9 heures et de 10 heures, presque constamment égale à 28 ou 29°. Le 21 mars, elle a été de 31°, et le 8 avril de 30°,5, malgré l'ouverture récemment faite au plafond de douze rosaces débouchant dans les combles. L'excès de la température de l'amphithéâtre sur celle de l'orchestre a été en moyenne de 6 à 7°.

Il faut remarquer que cette ouverture des rosaces d'évacuation d'air par le plafond, si elle favorise l'extraction de l'air vicié, n'en a pas moins l'inconvénient d'occasionner l'élévation relative de la température dans les parties supérieures de la salle, et provoque par les couloirs, par les portes et les autres passages, des rentrées d'air encore plus énergiques et plus incommodes que celles qui se produisaient déjà.

Scène. — Des observations analogues faites sur la scène et sur ses dépendances ont conduit aux résultats moyens suivants :

La température de la scène varie rarement de plus de 3 à 4° pendant les représentations, et sa valeur moyenne est et paraît devoir être de 20°. Lorsqu'elle s'abaisse à 17 ou 18°, quelques artistes se plaignent du froid. Ce résultat est conforme à ceux qui m'ont été communiqués par M. Martin et qui sont rapportés au n° 601. Dans le foyer de la danse, qui est chauffé par une cheminée, la température varie parfois de 17 ou 18° à 24 et même à 27°.

Dans le foyer du chant, chauffé de même par une cheminée, la température, qui est ordinairement de 18 à 19°, s'élève parfois vers onze heures à 23°.

595. *Volume d'air vicié évacué.* — L'évacuation de l'air vicié se fait à l'Opéra par une sorte de cheminée en planches, à la base de laquelle on glisse, pour la masquer, un panneau horizontal en deux parties, découpé à jour, qui laisse des passages libres, dont la somme a une surface de $4^{m.q}$,3575.

Des observations anémométriques ont été faites, le 25 février et le 12 mars 1863, pour déterminer les vitesses d'écoulement et les volumes d'air évacués à différentes heures de la soirée. Les résultats de ces observations sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES SUR L'ÉVACUATION DE L'AIR PAR LA ROSACE DU LUSTRE A L'OPÉRA.

HEURES.	MOMENT de la représentation.	TEMPÉRATURE de l'air évacué.	POINTS où la vitesse a été observée	VITESSE observée.	VOLUME d'air total évacué par heure	OBSERVATIONS.
				m.	m.c.	
25 février 1863. — Muette de Portici. — 1529 spectateurs. Température extérieure : + 5°.						Le coefficient de la contraction au passage par la rosace a été pris égal à 0,70.
8 30	1er acte.....	34°,5	Centre.....	2,87	28255	moyenne 28794m.c ou 18m.c,83 par spectateur présent.
			Centre.....			
			Pourtour....	2,43		
			Pourtour....			
9 8	Entr'acte.....	34 ,5	Centre.....	2,81	27274	
			Pourtour....	2,43		
11 30	Dernier acte..	36 ,0	Centre.....	4,00	30852	
			Pourtour....	2,65		
12 mars 1863. — Bal de nuit de la mi-carême *. — Température extérieure à minuit : + 4,5.						Tous les petits lustres et les girandoles étaient allumés. Les portes des 3e et 4e loges étaient enlevées. * Le nombre des personnes entrées dans la salle pendant ce bal a été de 3453, mais il n'y en a jamais eu autant à la fois à l'intérieur.
12 45 à 1	»	38 ,0	Centre.....	3,35	33050	
			Pourtour....	2,94		
3 15 à 3 25	»	38 ,5	Centre.....	3,22	32542	
			Pourtour....	2,93		

394. *Conséquences des observations précédentes.* — Il résulte de ces observations que, dans la soirée du 25 février 1863, où le nombre des spectateurs était de 1529, le volume d'air vicié total moyennement évacué ne s'est élevé qu'à 28 794 mètres cubes, ou à $18^{m\cdot c},83$ par spectateur présent, à $34^{0},5$ ou 36^{0}. Si la salle avait été complétement remplie et eût contenu 1753 spectateurs, le volume correspondant à chacun d'eux n'eût été que de 16,42 mètres cubes.

Rentrées d'air. — Une expérience faite le 23 février 1863, dans une loge de première de face, a montré que, quand on ouvre le vasistas, il s'y produit une rentrée d'air d'environ 180 mètres cubes par heure, suffisante pour assurer la ventilation de cette loge de six places à raison de 30 mètres cubes par personne, mais fort incommode, attendu que la vitesse de cet air est de près d'un mètre par seconde à son entrée.

395. *Observations faites au théâtre Italien.*— Dans cette salle, qui ne contient que 1330 places et dont les corridors sont convenablement spacieux, malgré le nombre assez restreint des spectateurs qui l'ont généralement fréquentée dans l'hiver de 1862—63, la température s'est souvent élevée à 28 ou 29^{0} dans les étages de loges supérieurs.

La ventilation, qui n'est produite que par la chaleur du lustre, y a d'ailleurs fort peu d'activité. D'après des expériences que j'y ai fait exécuter dans les premiers jours d'avril 1863, les volumes d'air évacués ont été :

Le 2 avril, d'environ.....	$11\,838^{m\cdot c}$ par heure.
Le 4 avril, d'environ.....	11 907
Moyenne.....	$11\,871^{m\cdot c}$.

Le nombre des places étant de 1330, ce volume ne correspondrait, si la salle était pleine, qu'à $8^{m\cdot c},93$ par heure et par spectateur, ce qui est complétement insuffisant.

Malgré cette insuffisance du volume d'air évacué, les dispositions existantes pour l'arrivée de l'air nouveau sont si

défectueuses que par les ouvertures et les portes des loges, ainsi que par les couloirs, il arrive, surtout dans les entr'actes, des courants d'air fort gênants.

Il semble donc urgent d'améliorer sous ce rapport cette salle, qui est fréquentée par le public le plus élégant de Paris.

Habitations particulières.

596. La ventilation des habitations particulières ne présente, dans les circonstances ordinaires, aucune difficulté et n'exige point de dispositions spéciales. L'appel exercé par les cheminées, quand elles sont bien faites, suffit et au delà pour lui donner toute l'activité désirable, même quand un nombre inaccoutumé de personnes se trouvent réunies. Sous ce rapport, l'emploi des cheminées, moins économique sans contredit au point de vue de la dépense de combustible, est bien préférable à celui des poêles ordinaires, qui appellent et évacuent beaucoup moins d'air, et surtout à celui des calorifères qui introduisent de l'air nouveau et chaud, sans produire aucune extraction de l'air vicié, quand ils ne sont pas accompagnés de dispositions spéciales.

Les cheminées ont, en outre, cet avantage qu'en été et dans les moments où le chauffage est très-modéré ou tout à fait suspendu, elles peuvent encore produire une ventilation très-réelle entre des appartements dont les portes de communication sont ouvertes, les unes fournissant de l'air frais et les autres évacuant l'air vicié. Mais nous verrons plus loin qu'on peut en tirer un meilleur parti, au moyen de quelques dispositions d'une application facile.

L'on ne saurait se rendre compte de l'effet considérable d'appel que produisent les cheminées, quand on ne l'a pas déterminé par des expériences directes. Je n'en avais moi-même nulle idée quand j'ai commencé ces études. Aussi, pour m'en rendre compte, m'a-t-il paru indispensable d'entreprendre à ce sujet les recherches spéciales dont j'ai fait connaître les résultats au chapitre v.

Je me contenterai de rappeler ici que, par ces expériences, il a été constaté que dans une cheminée de rez-de-chaussée ayant $20^{m},30$ de hauteur totale, et un tuyau rectangulaire de $0^{m},30$ sur $0^{m},30$ à coins arrondis, il passait, quand il n'y avait pas de feu et que l'excès de la température extérieure était de :

$12^{0},5$, $0^{m.c},099$ en une seconde ou $356^{m.c},40$ en une heure,

$17^{0},2$, $0^{m.c},239$ en une seconde ou $446^{m.c},04$ en une heure,

700 à 800 mètres cubes par heure, quand la cheminée était chauffée par un feu ordinaire, produisant dans la cheminée une température de 68^{0} au plus, et enfin 1100 à 1200 mètres cubes avec un feu très-actif ou un nombre suffisant de becs de gaz allumés.

397. *De l'influence des bouches de chaleur sur la ventilation.* — Faisons d'abord remarquer que l'on attribue en général aux bouches de chaleur ordinaires, disposées dans les cheminées, un effet beaucoup trop considérable sur le renouvellement de l'air dans les appartements. Sans contester l'avantage qu'ont ces appareils d'utiliser une partie de la chaleur développée dans le foyer, et d'aider dans une certaine proportion au tirage de la cheminée, il est facile de voir, d'après les résultats des expériences sur les cheminées d'appartement, que le volume d'air qu'un feu actif fait écouler par une cheminée d'appartement munie d'un tuyau en poterie de $0^{m.c},30$ sur $0^{m.c},30$ de section à coins arrondis, et de $20^{m.c},30$ de haut, étant de 600 à 800 mètres cubes par heure, une bouche de chaleur latérale d'un appareil Fondet fonctionnant bien, ne donne que 20 mètres cubes d'air nouveau.

Il s'ensuit donc qu'avec les proportions ordinaires adoptées par les architectes, la véritable ventilation produite par les cheminées d'appartements consiste dans l'appel plus ou moins énergique qu'elles déterminent par les portes et par les fenêtres, et que le volume d'air nouveau fourni par les

bouches de chaleur serait insuffisant pour assurer le tirage et surtout une ventilation convenable.

398. *Influence de l'appel naturel que les cheminées peuvent exercer.* — L'existence seule d'une cheminée d'une certaine hauteur suffit, dans beaucoup de cas, pour déterminer un appel et une ventilation active dans les appartements, surtout si, par la présence d'une réunion de quelques personnes ou de foyers d'éclairage, la température intérieure s'élève notablement. En pareil cas, plus la cheminée sera haute par rapport à l'appartement, plus son action sera sensible.

L'on voit donc que les cheminées ordinaires peuvent devenir un puissant moyen de ventilation, si l'on sait en tirer parti, et que, si des cheminées auxiliaires étaient ménagées dans les murs de face ou de refend, et mises en communication entre elles, l'on pourrait, dans beaucoup de cas et sans frais, obtenir une évacuation suffisante de l'air vicié.

Il convient de rappeler que la vitesse de l'air dans une cheminée d'appel dépend principalement de l'excès de la température de l'air qui la parcourt sur celle de l'air extérieur, et que le volume d'air qu'elle débite est à très-peu près proportionné à sa section. Par conséquent, étant donnée la hauteur d'une cheminée et la différence moyenne que l'on veut tolérer entre la température intérieure et la température extérieure, il serait presque toujours possible l'hiver d'obtenir, à l'aide de la seule ventilation naturelle, l'évacuation d'un volume d'air vicié déterminé.

S'il ne suffit pas d'une seule cheminée, l'on pourrait en établir plusieurs, et faire arriver l'air vicié dans une cheminée unique par des conduits passant sous les planchers.

Cette réunion des cheminées d'évacuation en une seule, quand il y en a plusieurs, est une des conditions essentielles de la stabilité de la ventilation naturelle et le moyen d'éviter

que, par des différences assez faibles de température, ou par des vents violents, il ne s'établisse d'une cheminée à l'autre des courants en sens contraires. J'en ai signalé plusieurs exemples, et cette instabilité est l'inconvénient, difficile à éviter, de la ventilation naturelle, surtout dans la saison d'été.

Aussi faut-il se ménager, lorsque l'on tient à obtenir une ventilation assurée et régulière, des moyens auxiliaires que je vais rappeler sommairement.

599. *Des moyens auxiliaires pour activer l'appel.* — J'ai indiqué déjà, en plusieurs occasions, le parti que l'on peut tirer de la chaleur des appareils d'éclairage pour activer ou produire l'appel de l'air vicié, et les appartements de réception pourraient, à l'aide de dispositions convenables et d'une application commode, être ventilés par ce moyen.

Quelle que soit la nature de ces appareils, mais surtout quand ce sont des lampes ou des becs de gaz, il est souvent facile d'utiliser la chaleur qu'ils développent au profit de la ventilation. Examinons, en effet, les différents cas qui peuvent se présenter.

Fig. 61.

Les candélabres ou lustres d'applique placés contre les murs peuvent être surmontés d'un chapeau opaque ou transparent, plus ou moins orné qui, par un conduit masqué, au moyen de quelques ornements, dirigerait les gaz provenant de la combustion dans une cheminée d'appel ménagée dans le mur. Ils peuvent même, et cela est préférable, être, ainsi que les becs de gaz, complétement renfermés dans une enveloppe transparente qui, communiquant avec la cheminée d'appel par sa partie inférieure et par sa partie supérieure, serait alimentée par l'air vicié même que l'on veut extraire, ainsi que nous l'avons fait introduire dans les nouveaux théâtres

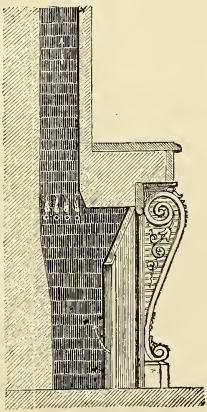
de la place du Châtelet. Un semblable dispositif permettrait d'employer dans les habitations privées, au moins pour les jours de réception, l'usage du gaz d'éclairage, sans éprouver les inconvénients de l'odeur assez désagréable qu'il répand.

L'on pourrait même disposer des appareils analogues de circonstance et les placer dans les embrasures des fenêtres, en enlevant une ou deux vitres et en les munissant d'un tuyau d'évacuation de l'air vicié d'une hauteur suffisante pour donner à l'appel l'énergie nécessaire.

J'ai indiqué, n° **226**, à l'occasion des expériences que j'ai faites sur un dispositif analogue, le résultat que l'on peut obtenir pour l'appel de l'air vicié.

Enfin les cheminées ordinaires ou les cheminées auxiliaires, dont nous avons parlé tout à l'heure, pourraient recevoir un certain nombre de becs de gaz placés dans le tuyau et à une hauteur telle que, n'étant pas visibles et ne pouvant, par leur rayonnement, produire dans les appartements aucun surcroît de chaleur, celle qu'ils développeraient ne servirait qu'à la ventilation.

Fig. 62.



Dans les cheminées ordinaires, un tuyau en fer introduit à demeure sur l'un des côtés, serait habituellement fermé par un bouchon à vis, et ce ne serait que pour les jours de réception que l'on y adapterait le jeu de becs de gaz correspondant à l'ouverture de la cheminée, et qu'on le mettrait en communication avec les tuyaux de distribution du gaz.

Les grands salons contiennent souvent, comme décoration, de fausses cheminées auxquelles l'on pourrait, fort utilement, donner pour destination celle de servir à l'appel, et dans les grands hôtels, dans les palais, en multipliant les cheminées d'appel appa-

rentes ou cachées, et en les réunissant toutes à une même cheminée générale ou chambre d'évacuation, chauffée, si cela était nécessaire, on obtiendrait une régularité suffisante dans la sortie de l'air vicié.

600. *Conduits d'évacuation ménagés dans les trumeaux.* — Lorsqu'on ne voudrait ou ne pourrait pas placer des lustres d'applique à gaz devant les trumeaux, il serait possible de ménager dans leur épaisseur, entre les fenêtres, des conduits ou cheminées d'évacuation de l'air vicié ouverts par le bas à l'intérieur des appartements et dans lesquels on placerait et l'on allumerait au besoin des becs de gaz non apparents, auxquels on communiquerait par une ouverture latérale extérieure ou intérieure ménagée dans l'ébrasement des fenêtres. Ces conduits pourraient être prolongés jusqu'aux toits pour leur donner toute l'activité possible, ou terminés au-dessus de l'étage, si cela était nécessaire.

601. *Application de dispositions analogues aux ateliers éclairés au gaz.* — La plupart des dispositions que nous venons d'indiquer pour les appartements d'habitation peuvent s'appliquer facilement, et aussi simplement qu'on le voudra, aux magasins, aux ateliers éclairés au gaz, et il y aurait à les y introduire l'avantage de les assainir par le renouvellement d'un air pur et par l'évacuation de l'air vicié et des produits si désagréables et si insalubres de la combustion du gaz.

Dans les grandes villes, où de nombreux ouvriers sont réunis dans des ateliers bas et mal aérés, l'adoption de ces moyens devrait être prescrite par les règlements de police comme mesure de salubrité publique.

602. *Proportion des appareils.* — Pour les cheminées ordinaires ou spéciales d'évacuation qui auront une hauteur de 12 à 15 mètres et plus, offrant une section de $0^{m.q}$,10 environ, on peut compter en moyenne sur une évacuation d'air vicié

de 500 à 600 mètres cubes par mètre cube de gaz brûlé, ou pour 10 becs brûlant $0^{m\cdot c},100$ par heure. Quant aux appareils de circonstance appliqués sur les fenêtres, les expériences du Conservatoire (chap. v, n° **226**) où la température de l'air évacué a été élevée à 50 ou 60^0, montrent que, même avec des tuyaux trop courts, l'on a pu obtenir l'évacuation de 350 à 400 mètres cubes d'air par mètre cube de gaz brûlé, ou avec 10 becs brûlant chacun $0^{m\cdot c},100$ en une heure. L'on aurait probablement un résultat supérieur avec des conduits plus larges, qui ne donneraient pas lieu à un aussi grand échauffement de l'air.

603. *Introduction de l'air nouveau.* — L'on voit par les indications qui précèdent que l'évacuation de l'air vicié des appartements de réception ne présente réellement pas de difficultés sérieuses et que, soit par des dispositions prises dès l'époque de la construction, soit même par des moyens de circonstance, on peut l'assurer.

Mais la rentrée de l'air nouveau, à une température et en des points convenables pour qu'il ne soit pas incommode, n'est pas aussi facile ; en se reportant cependant aux considérations générales que nous avons développées au chapitre III, on reconnaîtra quels sont, dans chaque cas, les moyens à employer.

S'il s'agit d'un palais ou d'une maison particulière à construire, il faudra établir dans les parties inférieures un calorifère accompagné d'une chambre à air assez vaste pour y mélanger, selon les saisons, l'air extérieur et l'air chaud fourni par l'appareil, en proportions telles que ce mélange arrive dans les appartements à une température de 5 à 6^0 tout au plus au-dessous de celle que l'on veut maintenir.

De cette chambre à air partiront des conduits qui amèneront l'air près du plafond et le dirigeront vers sa surface par des orifices étroits, mais en grand nombre ou d'un grand développement, que l'on pourra masquer par la décoration. Des corniches creuses seraient à cet effet très convenables.

Au moyen de ces dispositions et en proportionnant les passages comme nous l'avons indiqué, l'on pourra obtenir une arrivée d'air suffisante pour fournir à l'appel, sans occasionner par les portes et les fenêtres des courants trop énergiques.

Dans les bâtiments établis, la difficulté est plus grande, surtout s'il n'existe pas de calorifère auquel on puisse emprunter la chaleur nécessaire pour amener l'air nouveau à la température convenable.

Dans ce dernier cas, il sera plus nécessaire que dans tout autre de faire affluer cet air le plus loin possible des individus, près des plafonds et en filets minces dirigés de bas en haut vers sa surface. En se rappelant d'ailleurs ce fait d'observation presque général, que, même dans les établissements pourvus d'orifices d'introduction de l'air extérieur, les ouvertures des portes et des fenêtres dans les circonstances ordinaires fournissent environ la moitié du volume d'air évacué, l'on pourra réduire dans cette proportion celui qui devra être introduit, auquel on supposera une vitesse d'arrivée d'un mètre par seconde, que l'on observe souvent, même sous l'action peu énergique de l'appel d'une cheminée sans feu, et quand l'air monte des caves, en passant par des calorifères non chauffés.

Enfin, pour rester maître de modérer ou d'activer les rentrées d'air, il ne faudra pas omettre de disposer sur tous les conduits des registres faciles à manœuvrer.

604. *Évacuation de l'air chauffé et altéré par les lustres.* — Quant aux lustres placés au milieu des pièces et suspendus au plafond, s'il s'agit de salons voûtés, l'on pourra, en relevant un peu ces lustres, les surmonter de chapeaux transparents, accompagnés d'une cheminée d'évacuation des gaz qui conduirait l'air chaud provenant de la combustion, soit dans les combles, soit mieux dans la cheminée générale d'évacuation, où se réuniraient tous les conduits partiels. Il ne sera pas difficile de décorer ces tuyaux, qui seront tou-

jours d'un petit diamètre, de manière à en déguiser la destination.

Mais, pour les lustres des appartements des maisons d'habitation ordinaires, il sera d'autant plus difficile d'en évacuer les gaz chauds qu'ils seront en plus petit nombre, parce qu'alors aucun artifice de décoration ne pourrait dissimuler les conduits, à moins que l'on n'établisse des doubles plafonds ou entrevoux, en profitant de la facilité que donne pour cela l'emploi des poutres en fer. Ce qu'il y aura de mieux à faire, ce sera d'en réduire le nombre à un seul, s'il se peut, et de multiplier au contraire autant que possible les lustres d'applique, disposés comme nous l'avons dit plus haut.

605. *Dispositions à prendre pour la ventilation des pièces de réception.* — Mais si, dans les cas ordinaires et dans les circonstances de la vie habituelle, le renouvellement de l'air et la modération de la température peuvent être facilement assurés à l'aide des dispositions usuelles, il n'en est plus de même lorsque les mêmes locaux ou des appartements spéciaux servent à réunir un nombre exceptionnel de personnes. Alors les individus, par la respiration et par la transpiration; les appareils nombreux d'élairage, par la chaleur qu'ils développent, vicient l'air et élèvent la température d'une manière parfois intolérable et toujours nuisible à la santé.

En pareil cas, il y a lieu d'adopter des dispositions permanentes ou temporaires, selon les conditions particulières où l'on se trouve.

606. *Dispositions permanentes.*— Lorsqu'il s'agit de la construction ou de l'appropriation de locaux destinés à devenir régulièrement des lieux de réceptions nombreuses, il faut adopter des dispositions analogues à celles que nous avons indiquées pour les hôpitaux.

Dans les murs de face ou dans ceux de refend, s'ils sont assez épais, l'on ménagera des conduits d'évacuation de l'air vicié ayant leur orifice d'appel près du plancher et s'élevant jusqu'aux greniers, où on les réunira, s'il est possible, à une

seule et même cheminée générale d'évacuation, dans laquelle on établira, s'il y a lieu, un foyer d'échauffement de l'air vicié pour activer l'appel. L'emploi des becs de gaz, quoique peu économique, peut être fort commode pour les circonstances accidentelles. Lorsque l'établissement d'un nombre suffisant de conduits verticaux d'évacuation répartis dans toute l'étendue des appartements présentera des difficultés, on pourra recourir au système de l'appel par en bas, surtout si les appartements se trouvent au rez-de-chaussée ou au premier étage.

Dans beaucoup de cas, l'établissement de ces conduits et d'une cheminée d'appel par en bas sera même plus facile que tout autre. Il est d'ailleurs assez rare que, dans une même habitation, il y ait, à différents étages, plusieurs appartements de grandes réceptions, et par conséquent les dispositions que nous indiquons seront assez faciles à prendre lors de la construction.

607. *Bases et proportions pour les grands salons de réception, et application à la salle des Maréchaux du palais des Tuileries.* — Pour indiquer les proportions qu'il convient d'adopter, il faut poser les données fondamentales du problème et en faire une application.

Dans les conditions actuelles, et grâce à l'ampleur des toilettes des dames, il n'est guère possible qu'il y ait en moyenne dans un salon plus de deux personnes par mètre carré de superficie.

Pour l'éclairage, j'adopterai à peu près pour bases les proportions de celui qui a lieu dans la salle des Maréchaux, aux Tuileries, et qui est très-splendide, soit 1,5 bougie et 0,50 lampe par mètre carré.

L'on admet * :

1° Qu'une bougie stéarique fournit autant de chaleur qu'une personne ;

* La partie centrale de la salle des maréchaux a $19^{m},10$ sur $16^{m},30$ ou 311 mètres carrés de superficie. Elle est éclairée aux jours de réception

2° Qu'une lampe Carcel, brûlant 40 grammes d'huile à l'heure, développe autant de chaleur que trois personnes.

D'après cela, pour tenir, au moins approximativement, compte du refroidissement très-sensible que les murs font éprouver à l'air, nous pouvons, sans crainte, admettre qu'il équivaut par mètre carré de plancher à la chaleur développée par une personne. Dès lors, n'ayant plus à tenir compte que de la présence d'un seul individu par mètre carré, et sachant qu'une personne produit, tant par la respiration que par la transpiration, environ 120 unités de chaleur ou calories par heure, le nombre total d'unités de chaleur qui serait développé par mètre carré d'un salon, dans les conditions admises ci-dessus, serait :

Pour une personne.....	120^{cal}
Pour 1,5 bougie, équivalant à 1,5 personne.....	180
Pour 0,50 lampe Carcel, équivalant à $0,5 \times 3 = 1,5$ personne.....	180
	480^{cal}.

Avant l'ouverture de l'orifice d'évacuation qui a été pratiqué dans la voûte de la salle des Maréchaux, la température, aux jours de grande réunion, y était excessive. Elle s'élevait alors à 32° dans le bas et à 38 ou 40° dans la galerie supérieure. Aujourd'hui elle est encore de 24 à 25° dans le bas et de 28 à 30° dans le haut. L'absence de renouvellement de l'air rend ces températures très-désagréables.

La température moyenne qu'il faut chercher à maintenir dans la salle ne doit guère excéder 20°, et l'expérience des amphithéâtres du Conservatoire nous a montré qu'en faisant affluer l'air nouveau à une assez grande hauteur, on pouvait

---

par 548 bougies et 166 lampes, ce qui revient à 1,76 bougie et 0,53 lampe par mètre carré de superficie. D'après des renseignements qui m'ont été fournis, l'on ne doit pas estimer à plus de 400 à 500 le nombre des personnes qui peuvent trouver place dans ce salon.

admettre cet air à une température inférieure de 8° au plus à celle de l'intérieur. D'après cela, la capacité de l'air pour la chaleur étant égale à 0,237 de celle de l'eau, la densité de l'air affluent à 12° étant de $1^{kil},24$, cet air, en passant de 12 à 20°, absorbera par mètre cube une quantité de chaleur égale à

$$1,24 \times 8^0 \times 0,237 = 2,35^{cal}.$$

En nommant donc Q le volume d'air à 12° à introduire dans la salle pour y maintenir la température intérieure à 20°, on devra avoir la relation :

$$Q^{m.c} \times 2^{cal},35 = 480^{cal};$$

d'où l'on tire :

$$Q = 204^{m.c}$$

par mètre carré, ou en tout pour la salle des Maréchaux :

$$204^{m.c} \times 311 = 63\,444^{m.c}.$$

Ce volume ne dépasse point les limites de ce qu'il est facile d'obtenir, et il correspondrait pour les 622 personnes que nous avons supposées dans la salle, à raison de deux par mètre carré, à plus de 100 mètres cubes par heure et par personne, ce qui constituerait une ventilation très-abondante, que l'on serait peut-être même obligé de restreindre dans bien des cas.

L'on arriverait encore à un chiffre notablement inférieur si, comme cela conviendrait, l'on disposait les lustres et les autres appareils d'éclairage de manière à faire évacuer les gaz brûlés au dehors, au lieu de les laisser répandre dans la salle, ce qui pourrait se faire très-facilement sans nuire à la décoration et à l'aspect général des lieux.

Outre l'avantage de diminuer l'élévation de la température intérieure, on pourrait probablement trouver aussi à cette disposition celui d'employer une partie de cette chaleur nuisible à activer la ventilation, ainsi qu'on l'a obtenu dans les nouveaux théâtres.

D'après ces calculs préliminaires, si nous limitons le vo-

lume d'air à extraire par heure de la salle à 50 000 mètres cubes seulement, et si nous admettons que la vitesse dans les conduits d'évacuation puisse s'élever à $2^m,50$ en 1′, la somme des sections de ces conduits devrait être égale à

$$\frac{50\,000^{m.c}}{2^m,50 \times 3600} = 5^{m.q},55.$$

Quant aux conduits d'arrivée de l'air, ils pourront être aussi grands, et, comme il se fait toujours des rentrées d'air considérables par les fenêtres, la vitesse y serait probablement inférieure à $2^m,50$.

On devrait d'ailleurs avoir soin de donner aux orifices d'accès dans la salle le plus de superficie qu'il serait possible, pour diminuer la vitesse d'arrivée de l'air; or le balcon seul et la corniche du dôme ont un développement de près de 70 mètres chacun; et en donnant à un entrevoux que l'on établirait au balcon, ou à des orifices ouverts au-dessus de la corniche, $0^m,25$ de hauteur, ce qui est facile, il en résulterait une section de passage de $70^m \times 0^m,25 = 17^{m.q},50$, et par conséquent l'admission d'un volume d'air de 50 000 mètres cubes par heure, ou de $13^{m.c},88$ en 1″, ne correspondrait qu'à une vitesse de $0^m,79$ en 1″, ce qui est très-acceptable et facile à réaliser.

En résumé, toute la difficulté se réduirait à trouver dans les parois des murs le moyen d'y pratiquer deux séries de conduits d'arrivée et d'extraction de l'air ayant ensemble une section de 11 à 12 mètres carrés.

Or les conditions locales semblent se prêter avec facilité à une disposition qui, sans altérer en rien l'intérieur actuel de la plus grande partie de la salle, assurerait très-bien le service de la ventilation.

L'appel de l'air vicié se ferait par en bas; des conduits établis dans les caves le dirigeraient dans une cheminée d'appel qui s'élèverait jusqu'au comble à travers le massif de l'un des escaliers qui mènent au balcon, sans que cela nécessitât la suppression de cet escalier.

L'on dirigerait dans la même cheminée tous les gaz chauds provenant des lustres.

Quant à l'air nouveau, la corniche qui soutient la naissance de la voûte étant à $12^{m},60$, et la rosace du dôme à plus de 16 mètres de hauteur au-dessus du plancher, cela donne toute facilité pour faire arriver de l'air frais à une température assez différente de celle de la salle, sans crainte que cet air ne produise une sensation désagréable, parce qu'il aurait une grande distance à parcourir avant d'atteindre les personnes.

Des dispositions analogues pourraient être prises aussi pour la grande galerie ; mais, comme l'affluence y est généralement moindre, on pourrait réduire un peu la proportion du volume d'air à extraire.

Je me borne à ces indications générales, qui suffisent pour montrer que la question de l'assainissement des plus grands salons de réception ne présente pas de difficultés que l'art ne puisse surmonter, et qu'elle serait surtout d'une solution facile si les architectes s'en occupaient avant la construction des bâtiments.

Des ateliers.

608. L'assainissement des ateliers peut avoir simplement pour objet d'y maintenir, comme dans les habitations ordinaires, à un état chimique de pureté convenable, l'air que les ouvriers respirent, ou, dans d'autres cas, d'enlever en outre les poussières plus ou moins incommodes ou dangereuses que les opérations industrielles répandent dans l'espace.

Quant à la première partie de la question, les dispositions que nous avons indiquées pour les habitations particulières sont évidemment celles qu'il convient de prendre, en les appropriant, dans chaque cas, aux conditions spéciales de l'atelier ou de l'industrie qui s'y exerce.

Si, par exemple, aux émanations du corps humain se joignent des odeurs, des vapeurs plus ou moins désagréables

ou malsaines, le volume d'air à évacuer et l'énergie des appels devront être augmentés.

Il sera alors encore plus nécessaire que dans les cas ordinaires, de mettre les conduits particuliers d'évacuation en communication avec une cheminée générale pour assurer la stabilité de l'appel.

Dans beaucoup d'usines on pourra profiter de l'existence des cheminées des machines à vapeur motrices, ou des fourneaux, pour échauffer au degré convenable l'air vicié que la cheminée générale doit évacuer.

Le système d'appel à adopter dépendra des conditions locales, et fort souvent il y aura lieu de préférer l'appel par en bas pour conduire l'air vicié dans la cheminée des usines ou dans un conduit qui lui serait adjacent.

609. *Ateliers éclairés au gaz.* — Dans les ateliers où l'on emploie le gaz pour l'éclairage, on devra, dans tous les cas, adopter l'une des dispositions que nous avons indiquées, pour assurer l'évacuation au dehors des produits de la combustion, qui rendent si pénible le séjour de ces locaux. On cherchera d'ailleurs, toutes les fois que cela sera possible, à utiliser la chaleur développée par la combustion du gaz pour activer les appels, comme nous l'avons dit à diverses reprises.

610. *Mesures de police municipale à prendre pour les ateliers.* — A ce sujet, je pense même que dans les grandes villes où ce genre d'éclairage est généralisé et où l'on voit souvent de nombreux ouvriers, des femmes et des enfants réunis dans des locaux insuffisants, l'autorité devrait, par mesure de salubrité publique, prescrire l'adoption de dispositions de ce genre et en surveiller l'exécution avec sévérité.

Depuis que je m'occupe de cette question de la ventilation, j'ai reçu sur l'espèce d'infection que l'emploi du gaz produit dans les ateliers, des observations qui, pour m'avoir été adressées par de simples ouvriers et sous forme pseudonyme, ne m'en ont pas moins paru dignes de beaucoup d'attention.

611. *Cas où il se forme des vapeurs abondantes.* — Lorsque dans les ateliers il se forme des vapeurs abondantes, qu'il importe d'évacuer au dehors, il convient de surmonter les fourneaux, les chaudières qui les produisent, par des hottes aboutissant dans des cheminées d'appel, auxquelles on devra assurer l'énergie nécessaire par l'un des moyens que nous avons indiqués.

Si les émanations sont dangereuses, il faut en déterminer l'évacuation immédiatement au moment de leur formation par un appel puissant exercé par en bas, en employant même quelque moyen auxiliaire dans le cas où l'appel général ne suffirait pas. Un chapeau mobile recouvrant chaque point partiel de production de ces émanations et communiquant avec le conduit inférieur d'appel, assurerait cette évacuation.

J'ai rappelé dans l'Introduction l'application que le docteur Reid a faite, il y a longtemps, de dispositions de ce genre, dans son laboratoire à Édimbourg, pour empêcher les odeurs désagréables des préparations chimiques de s'y répandre. Depuis plusieurs années, il existe sur la table du grand amphithéâtre du Conservatoire une grille sur laquelle on place les préparations qui, pendant les leçons, dégageraient des odeurs de ce genre, et l'appel général de la ventilation suffit pour attirer ces odeurs et les expulser à mesure qu'elles se développent.

612. *Introduction de l'air nouveau.* — Dans les ateliers, comme ailleurs, il conviendra de faire affluer l'air nouveau vers le plafond, le plus loin possible des individus et à une température peu différente de celle que l'on veut entretenir à l'intérieur.

Si la nature de l'industrie exige que cette température intérieure soit élevée, pour rendre cette condition moins pénible pour les ouvriers, il faudra augmenter, dans une assez forte proportion, le volume d'air introduit. On sait, en effet, que l'on supporte d'autant plus facilement une température élevée que le renouvellement de l'air est plus abondant.

Les appareils de chauffage à la vapeur au moyen de celle qui s'échappe des machines motrices, au lieu d'être réduits à de simples tuyaux qui traversent les ateliers, devraient être disposés de manière à échauffer l'air nouveau à introduire dans les salles. Ils contribueraient ainsi à la fois au chauffage et à l'assainissement.

613. *Accroissement de dépense causé par la ventilation.* — Dans le cas actuel, comme dans tous les autres, il ne faut pas se dissimuler que l'introduction d'un volume d'air extérieur à une température plus ou moins basse et son évacuation au dehors donneront toujours lieu à une consommation de chaleur et par suite de combustible, qui se traduira en une dépense additionnelle. Mais outre que c'est un devoir pour tout industriel de ne reculer devant aucun des moyens qui peuvent maintenir en santé les ouvriers qu'il emploie, les dépenses, assez faibles d'ailleurs, qu'entraînerait l'accomplissement de ce devoir seront toujours, je crois, largement couvertes par le surcroît d'activité que le bien-être apporterait au travail et par la diminution des secours qu'on ne refuse jamais d'accorder aux malades.

614. *Enlèvement des poussières répandues dans les ateliers.* — Quant aux ateliers dans lesquels il se répand des poussières incommodes ou dangereuses, tels que ceux où l'on nettoie les cotons, les laines, où l'on teille et où l'on peigne le chanvre et le lin, les aiguiseries, etc., il faut recourir aux ventilateurs aspirants, qui attirent dans leurs conduits d'appel et expulsent au dehors les poussières les plus lourdes, quand on leur donne l'énergie convenable.

Dès l'année 1842, ayant pris connaissance d'essais avantageux faits chez MM. Pihet, frères, j'avais appelé l'attention du ministre de la guerre sur la nécessité d'améliorer, sous ce rapport, les aiguiseries de la manufacture d'armes blanches de Chatellerault. Plus tard, MM. Peugeot, habiles fabricants de quincaillerie à Hérimoncourt, département du Doubs, après m'avoir consulté, établirent dans deux de leurs

usines à meules des ventilateurs à l'aide desquels ils parvinrent à aspirer et à rejeter au dehors la poussière provenant du tournage ou riflage des meules. Enfin, en 1849, un système complet de ventilation, par appel mécanique, fut établi dans les aiguiseries de la manufacture d'armes blanches de Chatellerault, qui contiennent chacune 18 à 20 meules. Il y fonctionne depuis cette époque, et, pourvu que le nombre de meules qu'on rifle à la fois n'excède pas 6 ou 8, un ventilateur de $0^m,78$ de diamètre sur $0^m,30$ au plus de largeur, appelant l'air par son centre et faisant 900 à 1000 tours en 1′, suffit pour empêcher la poussière de se répandre dans les usines.

Les résultats de ces appareils sont acquis depuis longtemps et la santé des ouvriers en a été grandement améliorée, mais il est triste de dire que les ouvriers, dans l'intérêt desquels ils ont été construits, sont tellement négligents et insouciants que, sans la surveillance des officiers d'artillerie, les conduits seraient bientôt obstrués par la poussière qui s'y dépose.

Dans les dispositifs de ce genre, les appareils qui développent la poussière qu'il s'agit d'évacuer, doivent être entourés de très-près par des enveloppes en bois ou en métal, qui ne laissent libres que les ouvertures absolument nécessaires au travail. Sous la machine, un orifice qui communique avec le canal d'appel, sert à l'écoulement du courant d'air qui entraîne les poussières.

Dans le cas des meules d'aiguiseries qui travaillent mouillées et qui ne répandent de poussière que quand on les tourne à sec, il faut que l'orifice d'appel des meules qu'on ne tourne pas soit fermé, pour que toute l'énergie de l'appel agisse au contraire sur celles que l'on tourne à sec et qui seules donneraient une poussière dangereuse.

Lorsqu'il s'agit de meules qui doivent travailler à sec et qui, par conséquent, sont toujours d'un emploi très-pernicieux pour la santé, on peut encore, à l'aide de moyens analogues, enlever et rejeter à l'extérieur toute la poussière qu'elles

produisent. C'est ainsi qu'à la manufacture d'armes de Chatellerault, M. de Maintenant, alors capitaine, était parvenu, à l'aide d'un petit ventilateur de $0^m,30$ de diamètre, marchant à la vitesse de 1200 tours en 1', à attirer et à faire descendre sous la table d'une petite meule, dite à gouttières de la baïonnette, toute la poussière siliceuse qui forçait auparavant l'aiguiseur à s'envelopper la face, pour ne pas la respirer.

Les indications précédentes suffiront, sans doute, pour montrer le parti qu'il convient, dans chaque cas, de tirer des appareils mécaniques.

Ventilation des lieux d'aisances.

615. Cette partie de la question de l'assainissement des lieux habités est l'une de celles qui présentent le plus de difficultés, non par elle-même, mais par suite des conditions de construction et des dispositions locales.

La plupart des fosses d'aisances des maisons d'habitation ne sont pas munies de cuvettes hydrauliques dans lesquelles plonge l'extrémité inférieure des tuyaux de descente, et dès lors elles se trouvent, par ces tuyaux, en communication avec l'intérieur des appartements.

L'on croit souvent en assurer la ventilation en perçant, vers un de leurs points culminants, une ouverture à laquelle s'adapte un tuyau d'échappement des gaz s'élevant jusqu'au toit. Mais il arrive, au contraire, fréquemment que ce tuyau, au lieu de servir à l'évacuation des gaz méphitiques, donne passage à un courant d'air extérieur descendant, qui refoule ces gaz à l'intérieur des habitations, avec d'autant plus d'énergie que ce mouvement est souvent encore facilité par l'appel que les foyers des pièces voisines peuvent exercer.

Je ne me propose pas d'examiner dans tous ses détails cette question, qui a d'ailleurs été traitée dans plusieurs rapports de commissions d'hygiène, et je me bornerai à indiquer quelques règles et quelques moyens d'une application assez facile.

En général, il ne convient pas de ventiler les fosses d'aisances elles-mêmes; c'est favoriser inutilement la fermentation et le développement des gaz à évacuer. Il vaut mieux les fermer le plus hermétiquement possible, et il n'y a point à craindre qu'il s'y développe aucun excès notable de pression.

Il faut, quand on le peut, placer sous chaque tuyau de descente une cuvette hydraulique, qu'il serait bon de rendre mobile autour d'un axe, afin de pouvoir de l'extérieur la faire basculer et la vider de temps en temps, pour la remplir ensuite d'eau.

L'usage des cuvettes hydrauliques dites à l'anglaise, et dont il y a bien des modèles pour les habitations particulières, et celui des cuvettes ou appareils Rogier-Mothès, à bascule, sont des moyens de mettre obstacle à l'introduction des gaz méphitiques dans les cabinets; mais, malgré l'utilité de ces divers dispositifs, il arrive encore trop souvent qu'ils ne préviennent pas cette introduction; il y a d'ailleurs bien des cas où on ne peut guère les employer, sans avoir à craindre qu'ils ne soient promptement hors de service.

Il faut donc recourir à un moyen général qui remédie aux défauts accidentels, que les appareils peuvent présenter, ou suppléer à leur absence.

Le procédé le plus sûr et le plus généralement applicable aux lieux déjà construits consiste à déterminer dans les cabinets d'aisances un appel de l'air des appartements vers ces cabinets à l'aide d'un conduit qui évacue cet air à l'extérieur.

Il résultera de cet appel que les gaz, qui ont pu ou qui tendent à affluer dans le cabinet seront entraînés au dehors avec l'air appelé des locaux voisins.

Si, par suite du voisinage d'une chambre à feu, on craignait que l'énergie de l'appel exercé dans le cabinet d'aisances ne nuisît au tirage de la cheminée, on pourrait ouvrir une prise d'air extérieur pour fournir au renouvellement de l'air du cabinet; mais, en général, il vaudrait mieux s'en passer, s'il est possible.

Dans le cas où les tuyaux de descente plongent par leur

extrémité inférieure dans une cuvette hydraulique, et où il n'y a pas en haut une petite cuvette à bascule, le dispositif imaginé par M. L. Duvoir, et décrit au chapitre V, me paraît fort convenable. La partie supérieure de ce tuyau est terminée par une partie renflée appelée culotte (pl. VI), dans laquelle s'emboîte la cuvette proprement dite. Une tubulure, latérale au tuyau de la culotte, communique avec un tuyau dans lequel un appel suffisamment énergique peut être déterminé par l'un des moyens que j'indiquerai plus loin.

Si le tuyau de descente est commun à plusieurs siéges, ainsi qu'il arrive parfois, comme au bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord, il n'est plus possible de lui donner la disposition précédente. Mais alors, sous chaque siége, il y a un tuyau biais qui s'emboîte latéralement dans le tuyau commun, et le siége est, sur une partie ou sur la totalité de sa circonférence, isolé du bâtis qui le soutient, ainsi qu'on peut le voir sur la figure 4 (pl. XIII). L'espace vide qui se trouve ainsi entre le siége et la cuvette, ou le tuyau, est en communication avec un tuyau d'appel particulier à chaque cabinet et qui débouche dans un tuyau général.

Une disposition analogue pourrait être prise pour les lieux d'aisances dits à la turque.

Dans ces divers dispositifs, l'on voit que, si l'appel a une énergie suffisante, l'air du cabinet, ainsi que les gaz qui pourraient se développer dans le tuyau de descente ou remonter de sa base, sont aspirés et passent sous la lunette pour aller gagner le tuyau d'évacuation. Il y a donc alors appel de l'extérieur à l'intérieur du cabinet, et de celui-ci au dehors, ce qui empêche la mauvaise odeur de se répandre dans les appartements.

Quant aux moyens de déterminer l'appel et de lui donner assez d'énergie, ils sont divers, selon les circonstances qui peuvent se présenter.

L'expérience prouve qu'un appel de 30 mètres cubes d'air au moins par heure et par siége est nécessaire et suffisant pour assurer l'assainissement d'un siége. Le diamètre du

passage étant d'environ $0^{m},12$, cela correspond à une vitesse de $0^{m},40$ ou $0^{m},50$, au plus, qu'un appel modéré peut exercer.

Dans les maisons d'habitation, si le tuyau d'aspiration de l'air à évacuer était placé de manière à former l'une des parois de la cheminée de la cuisine, la chaleur qui lui serait communiquée suffirait, la plupart du temps, pour assurer une bonne ventilation.

Il en serait de même dans les casernes, ce qui permettrait d'y établir, au moins pour la nuit, des lieux d'aisances à l'intérieur.

Lorsque la position adoptée et obligée pour les lieux d'aisances ne permet pas de recourir à la disposition précédente, l'action d'un simple bec de gaz suffirait largement. L'on sait, en effet, que dans une cheminée ordinaire la combustion d'un mètre cube de gaz détermine l'évacuation d'environ 1000 mètres cubes d'air; par conséquent, un bec de petit modèle, brûlant seulement 30 litres à l'heure, produirait une évacuation d'air supérieure à 30 mètres cubes par heure. La dépense, à raison de $0^{f},30$ le mètre cube de gaz, s'élèverait, pour 365 jours, $0^{m\cdot c},030 \times 0^{f},30 \times 24 \times 365 = 79^{f}$ par an, et le gaz ainsi employé servirait en outre à l'éclairage permanent du cabinet. L'amélioration qu'un si simple dispositif introduirait dans bien des habitations ne serait certes pas payée trop cher.

Dans les habitations, qui ne sont pas éclairées au gaz, on peut en remplacer l'action par une lampe ordinaire, et il est facile de déterminer la consommation d'huile et la dépense qui en résulteraient. En effet, puisque $0^{m\cdot c},030$ de gaz suffisent pour l'effet à obtenir, et que la chaleur qu'ils développent par leur combustion est égale à $0^{m\cdot c},030 \times 6000^{cal} = 180^{cal}$, tandis qu'un kilogramme d'huile à brûler fournit 9000 calories, ou chaque gramme 9 calories, il s'ensuit que, pour développer 180 calories par heure, il faudrait brûler 20 grammes d'huile par heure, ce qui est précisément la moitié de la consommation d'une lampe carcel ordinaire. Mais à cause du

prix élevé de l'huile, qui est de $1^f,80$ le kilogramme, la dépense serait par an égale à

$$0^{kil},020 \times 1^f,80 \times 24 \times 365 = 157^f,50,$$

en supposant que la lampe brûlât jour et nuit pendant toute l'année.

Dans le cas où il y a des appareils de chauffage par circulation d'eau ou de vapeur, il est très-facile de conduire dans la cheminée d'appel des tuyaux spéciaux destinés à donner à l'évacuation toute l'activité nécessaire. C'est ce qui a été exécuté avec plein succès dans le bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord en 1862; et comme exemple d'une semblable disposition, à laquelle d'ailleurs on pourrait aussi appliquer l'usage du gaz, je crois devoir décrire cette installation.

616. *Application des indications précédentes au bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord.*—La planche XIII (fig 4), représente l'une des deux dispositions adoptées pour les cinq étages de bureaux à chacune des extrémités de l'aile Nord du bâtiment. Le nombre total des cabinets affectés au service de ces étages est de vingt-sept. Il n'y a que trois tuyaux principaux de descente, ayant chacun $0,^m22$ de diamètre. A chaque étage ils reçoivent par embranchement les deux tuyaux particuliers des cabinets latéraux; de sorte qu'un même conduit vertical sert au débit des matières fournies par huit ou par dix siéges.

Chaque siége est placé dans une cellule particulière et se compose :

1° D'une tablette en schiste ardoisier présentant une ouverture de $0^m,22$ de diamètre;

2° D'une cuvette en fonte, dont le bord supérieur est séparé, dans tout son pourtour, du dessous de la tablette par un intervalle vide de $0^m,10$, qui communique avec un con-

duit d'évacuation, lequel, après s'être élevé verticalement, va gagner obliquement la cheminée générale.

L'extrémité inférieure de la cuvette, qui n'a que $0^m,14$ de diamètre, s'engage librement dans la partie supérieure du tuyau de descente, dont le diamètre est de $0^m,22$; de sorte qu'il y a entre ces deux tuyaux un intervalle qui permet l'écoulement des eaux qui peuvent tomber sur le sol.

Chaque tuyau de descente plonge dans une cuvette hydraulique en cuivre, qui empêche les gaz de la fosse de s'élever dans ce tuyau.

La ventilation n'a donc à évacuer que les gaz et l'air vicié qui se développent dans les conduits et dans les cabinets.

L'appel est ou peut être à volonté activé par deux moyens : l'un permanent et régulier, l'autre accidentel ou de saison. Le premier consiste en un jeu de tuyaux de circulation d'eau chaude, qui parcourt, sur une hauteur de 16 mètres au-dessus du sol du rez-de-chaussée, le conduit principal d'évacuation, d'où les gaz se rendent ensuite dans une cheminée générale, dont le sommet est à 22 mètres au-dessus du même sol.

La coupe parallèle au mur de fond (pl. XIII) montre clairement la disposition de tous ces conduits.

Le second moyen d'activer l'appel consiste dans l'utilisation de la chaleur développée par les becs d'éclairage de chaque cabinet. Ces becs sont renfermés derrière un châssis vitré dans les conduits d'évacuation de l'air vicié, et leur combustion est ainsi alimentée par l'air même qu'il s'agit d'évacuer. L'on n'a pas eu jusqu'ici besoin d'y recourir.

Les cabinets particuliers s'ouvrent dans une salle dans laquelle sont disposés des urinoirs, auxquels l'on n'a pas jusqu'ici fourni une quantité d'eau suffisante et dont la disposition n'est pas la plus convenable pour empêcher l'odeur particulière qu'ils développent de se répandre dans cette pièce. Malgré cette circonstance défavorable, la ventilation a assez d'énergie, puisqu'aucune odeur ne se répande dans les longs corridors de ce bâtiment.

617. *Résultats d'expériences.* — La multiplicité de ces cabinets d'aisances présentant un cas où la difficulté pouvait être plus grande que dans beaucoup d'autres, il m'a paru utile de faire faire quelques expériences spéciales pour constater les effets obtenus et les volumes d'air évacués par les siéges. Les données de ces expériences et les proportions des conduits sont les suivantes :

Diamètre des tuyaux principaux et particuliers de descente.	$0^{m},22$
Diamètre des lunettes des siéges.....	0 ,228
Section de passage des lunettes des siéges.....	$0^{m.q}$,0407
Surface de chauffe des tuyaux de circulation d'eau chaude.	1 ,20
Section libre de la cheminée d'évacuation.....	0 ,75
Section des conduits particuliers d'appel.....	0 ,0445

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DES LIEUX D'AISANCES DU BATIMENT D'ADMINISTRATION DU CHEMIN DE FER DU NORD.
25 février 1863.

ÉTAGES.	TEMPÉRATURES extérieure.	TEMPÉRATURES dans la cheminée d'évacuation	VITESSE de passage de l'air par les siéges.	VOLUME d'air évacué par heure et par siége.	MOYENNES.	OBSERVATIONS.
			m.	m.c.	m.c.	
Rez-de-chaussée.....	10°	17°	0,679	99,50	102,62	
			0,740	108,86		
			0,679	99,50		
1er étage.....	10	14	0,377	55,22	66,00	Pendant les deux premières expériences, l'une des lanternes à gaz était ouverte au quart. Pendant les deux dernières expériences, la lanterne était fermée.
			0,396	57,99		
			0,495	72,54		
			0,534	78,23		
2e étage.....	10	17	0,298	43,65	42,66	Il n'y avait pas d'odeur dans le cabinet, mais une faible odeur au-dessus du siége.
			0,278	40,72		
			0,259	37,94		
			0,330	48,31		
3e étage.....	10	14	0,573	83,95	67,99	
			0,514	75,30		
			0,416	60,95		
			0,353	51,77		
4e étage.....	10	14	0,275	40,25	48,30	
			0,338	49,46		
			0,230	33,90		
			0,475	69,58		
Moyenne générale.....					63,55	

618. *Conséquences de ces expériences.* — Les résultats de ces expériences montrent que l'emploi des tuyaux de circulation d'eau chaude, très-modérément chauffés, a suffi pour déterminer par siége une évacuation moyenne de $63^{m.c},55$ par heure, ou en tout, pour les 27 siéges, de $63^{m.c},55 \times 27 = 1716^{m.c}$ par heure. L'excès de la température dans la cheminée d'évacuation sur la température extérieure n'a varié cependant que de 4 à 7°, et il pourrait être plus considérable, si la nécessité s'en faisait sentir.

Le volume moyen de $63^{m.c},55$ d'air vicié, bien que très-supérieur à celui de 30 mètres cubes, qui était suffisant à l'hôpital Beaujon pour assurer l'assainissement des lieux d'aisances, ne me paraît pas surabondant dans le cas actuel. Le grand nombre des cabinets, la disposition générale et les chances d'un défaut de surveillance sont des motifs pour exagérer notablement le volume d'air à évacuer.

A cette occasion, je ferai observer que, quand on a établi pour des lieux d'aisances des moyens de ventilation qui déterminent par les siéges un appel suffisamment énergique, c'est une erreur d'ouvrir les fenêtres des cabinets ou des pièces qui les précèdent. Il arrive, en effet, alors, que cet appel est alimenté par l'air extérieur affluent par les fenêtres et non par celui des corridors ou des pièces voisines. De sorte que, si dans ces pièces il y a aussi des foyers qui attirent et évacuent un certain volume d'air, il devient possible que, tandis que l'air pur venu des fenêtres passe par les cabinets d'aisances, celui des abords de ces cabinets soit appelé vers les locaux voisins, qui alors peuvent être plus ou moins infectés. Le but et l'effet de la ventilation des lieux d'aisances doivent être, au contraire, de déterminer des pièces voisines vers ces cabinets un mouvement d'air, qui y renouvelle sans cesse celui qu'ils contiennent et s'oppose ainsi à leur infection.

619. *Lieux d'aisances du bâtiment* b *de l'hôpital militaire de Vincennes.* — Le service du génie a fait établir dans le bâtiment *b* de cet hôpital des lieux d'aisances à la turque, dont

il a assuré la ventilation par des moyens analogues à ceux que nous avons indiqués plus haut.

Ces cabinets sont placés à droite et à gauche du grand escalier et précédés par un petit cabinet d'entrée (pl. XII, fig. 3 et 4). Il y a trois siéges à la turque dans chaque cabinet, et ils sont tous munis d'appareils à cuvette Rogier-Mothès. Ces siéges sont placés dans une même verticale pour les trois étages, et sont desservis par des tuyaux de descente venant du troisième étage et qui aboutissent chacun à un tonneau de vidange garni d'un appareil séparateur. Les liquides s'écoulent dans les égouts, et au delà dans le rupt de Montreuil, qui passe sous l'hôpital. Des regards ouverts sur les cours extérieures, permettent d'enlever les tonneaux où sont restées les matières solides.

La ventilation des cabinets se fait par deux petites cheminées qui s'ouvrent à $0^m,60$ au-dessus du sol (pl. XII, fig. 4), et débouchent dans une même cheminée d'appel. L'une de ces cheminées est chauffée l'hiver par le tuyau de fumée d'un calorifère, l'autre par un courant d'air chaud envoyé par le même appareil.

J'ai signalé l'inconvénient de ce dernier moyen d'appel, qui, dans certains cas, peut donner lieu à des rentrées d'air vicié.

En été, le chauffage étant suspendu, on se contente, pendant le jour, d'ouvrir les fenêtres, et, pour la nuit, l'on utilise la chaleur des becs de gaz d'éclairage que l'on a placés en *g'g'* (pl. XII, fig. 3 et 4) dans les petites cheminées d'appel, en arrière d'une paroi en verre placée à la hauteur convenable. Les becs de gaz sont alimentés par l'air vicié que l'on extrait des cabinets.

Sous l'influence de cet appel énergique, l'air extérieur pénètre dans le cabinet par la porte souvent ouverte, par les joints des fenêtres et aussi par deux carneaux établis sous le sol et venant du calorifère.

L'air chaud sort de ces carneaux assez abondamment pendant l'hiver, mais en été sa vitesse est peu sensible.

Les fosses du bâtiment *b* ne sont pas ventilées, et d'ailleurs, dans la plupart des cas, la ventilation des fosses présente, comme nous l'avons dit, plus d'inconvénients que d'avantages.

Pendant l'hiver, les cheminées d'appel suffisent pour assurer dans chaque cabinet une évacuation d'air de $2^{m \cdot c},30$ par minute, et le renouvellement de l'air en 18 minutes; ce qui revient à environ 46 mètres cubes par siége et par heure.

Pendant les jours d'été, la ventilation naturelle de jour donne une évacuation de $1^{m \cdot c},33$ en 1′, ou $26^{m \cdot c},60$ par siége et par heure, et le renouvellement de l'air en 31 minutes.

La nuit, la ventilation, activée par le gaz, évacue $8^{m \cdot c},36$ en 1′, ou 167 mètres cubes par siége et par heure, et renouvelle l'air en 5 minutes.

En hiver, la rentrée de l'air chaud par les carneaux venant du calorifère est de $1^{m \cdot c},25$ par minute. En été, elle n'est pas sensible; quand la ventilation naturelle n'a pas d'auxiliaire, elle atteint à peine alors $0^{m \cdot c},84$ par l'action du gaz.

Quoi qu'il en soit, ces cabinets sont à peu près sans odeur, à la condition pourtant que tous les jours le sol soit lavé avec une solution de sulfate de fer. Sans cette précaution, le ciment s'imprègne d'urine et donne de l'odeur. Mais cette odeur arrive rarement dans le corridor des salles. L'inconvénient précédent est d'ailleurs inhérent au système des lieux à la turque.

La consommation du gaz employé à activer la ventilation est de 1 litre par mètre cube d'air extrait, en sus de l'écoulement produit par la ventilation naturelle; par conséquent, un mètre cube de gaz produit l'évacuation de 1000 mètres cubes d'air, comme je l'ai trouvé par les expériences rapportées au chapitre V.

Ce dernier exemple montre d'autant mieux l'efficacité de l'emploi des becs de gaz pour la ventilation des lieux d'aisances, que ceux auxquels il s'applique sont loin d'être d'un système irréprochable et admissible dans les habitations particulières.

Les indications qui précèdent suffisent pour montrer que le moyen le plus efficace et le plus certain d'assurer la ventilation des lieux d'aisances consiste à y déterminer un appel énergique qui produise par heure l'évacuation de 40 à 50 mètres cubes d'air provenant tant des tuyaux et des appareils employés que d'une partie de l'air du cabinet, de sorte que ce cabinet lui-même exerce un appel sur les pièces voisines, au lieu de servir de passage à de l'air infecté.

Des écuries et des étables.

620. L'aérage des écuries et des étables n'est pas moins nécessaire à la santé des animaux qui y séjournent, que ne l'est à l'homme une ventilation convenable des lieux qu'il habite. Si, pour l'engraissement et la production du lait, un certain nombre d'éleveurs pensent que le séjour dans des étables peu aérées, où l'air chargé d'acide carbonique maintient les animaux à un état d'engourdissement et de somnolence favorable au but que l'on se propose d'atteindre, il ne saurait en être de même pour les animaux de travail, que l'on a tout intérêt à maintenir dans un état de santé et d'énergie aussi grand que possible.

L'on sait d'ailleurs quelles sont les influences funestes qu'exerce sur l'hygiène des races bovine, ovine et chevaline la privation d'espace et d'air, et elles ont assez longtemps pesé sur la cavalerie de nos armées, pour que des améliorations considérables aient été successivement introduites dans les écuries, et que tout récemment des expériences très-remarquables aient été faites pour constater l'influence d'une aération complète et permanente, en toute saison.

Pour montrer à la fois l'utilité des mesures prises et la marche des idées sur cette question importante pour l'agriculture et pour l'armée, je ne puis mieux faire que d'extraire les passages suivants d'un discours, prononcé le 14 janvier 1862 à l'Académie impériale de médecine, sur l'*Influence de*

l'aération et de la ventilation sur les animaux sains ou malades, à l'occasion des discussions qui eurent lieu à cette époque dans le sein du corps médical, par M. Renault, membre de cette académie, correspondant de l'Institut et inspecteur général des écoles vétérinaires, que la science vient de perdre tout récemment, victime de son dévouement.

Convaincu que la question de l'hygiène des hôpitaux peut recevoir quelque lumière des observations faites par les vétérinaires, sur les mauvais effets d'un air confiné et altéré sur la santé des animaux et sur la marche ou la terminaison de leurs maladies, M. Renault a examiné cette influence sur les animaux en santé et sur les animaux malades.

621. *Influence sur les animaux en santé.* — Vers la fin du dix-septième siècle, Vauban avait fixé à trois pieds en largeur l'espace à donner à chaque cheval de troupe dans les écuries, et c'est d'après cette proportion restreinte que, jusqu'après la paix de 1814, la plupart des écuries de nos casernes de cavalerie furent construites. Pendant les longues guerres de la fin du siècle dernier et du commencement de celui-ci, la cavalerie, rarement casernée à l'intérieur, eut peu l'occasion de s'apercevoir du défaut de proportion des écuries, et les vétérinaires de cette époque, peu instruits et peu soigneux, ne s'en inquiétèrent guère.

Mais lorsque, avec le retour de la paix, toutes les parties du service furent étudiées avec plus de loisir et de soin, l'on reconnut bientôt, par la comparaison avec les écuries de la cavalerie étrangère, que la proportion adoptée en France était de beaucoup au-dessous de celle qui était nécessaire. Des vétérinaires instruits et dévoués signalèrent avec persévérance les inconvénients de cet état de choses, et des commissions d'hommes compétents furent nommées pour constater l'influence des proportions données aux écuries sur la santé des chevaux.

Le lieutenant général Wathiez fit paraître en 1835 un mémoire dans lequel il attribuait la plus grande partie de la

mortalité observée alors dans la cavalerie française, au défaut d'espace et de ventilation, et citait à l'appui de cette opinion la comparaison suivante :

« Tandis qu'à Sarrelouis, où étaient casernés deux escadrons de hussards prussiens, et à Deux-Ponts, où tenait garnison un régiment de chevau-légers bavarois, la morve était à peu près inconnue, elle régnait en permanence et faisait éprouver de grandes pertes à notre cavalerie des garnisons de Thionville et de Sarreguemines, qui touchent pour ainsi dire Sarrelouis et Deux-Ponts.

« C'est le même climat, ce sont les mêmes conditions atmosphériques, la même qualité de fourrages, nos chevaux sont peut-être mieux choisis et constitués ; ils reçoivent des soins de propreté au moins égaux. Il n'y a que cette seule différence, qu'à Sarrelouis et à Deux-Ponts chaque cheval jouit dans les écuries d'un espace suffisant, et que la masse d'air qu'il respire dans ces écuries spacieuses et largement ventilées n'est point viciée. »

A la suite des rapports de plusieurs commissions, au nombre desquelles s'en trouvait une formée dans le sein de l'Académie de médecine, il fut décidé en 1841, que les anciennes écuries seraient modifiées, de manière que chaque cheval y eût un espace de $1^m,45$ à $1^m,20$ au moins, et que les nouvelles écuries seraient proportionnées à raison de $1^m,45$ de longueur et environ 55 mètres cubes d'espace cubique par cheval.

Les modifications prescrites ont été exécutées successivement et ne sont pas encore toutes terminées, les constructions nouvelles sont conformes aux bases adoptées, et déjà les résultats se sont fait sentir d'une manière favorable. Ainsi en relevant au Ministère de la guerre les chiffres officiels de la mortalité dans toute la cavalerie française, pendant chacune des dix années, qui, de 1835 à 1845, ont précédé le commencement d'exécution de ces mesures, et pendant chacune des treize années, qui, de 1846 à 1858, en ont vu l'ap-

plication successive, M. Renault signale les résultats suivants :

Moyenne des pertes sur 1000 *chevaux.*

	Par la morve.	Par toutes les maladies, y compris la morve.
Période de 1835 à 1845.....	51	94
Période de 1846 à 1858.....	21	48

Outre cette décroissance générale de la mortalité pendant la seconde période, où les améliorations n'ont été introduites que successivement, M. Renault signale la continuité de l'amélioration, puisque la mortalité n'a plus atteint dans les dernières années que les chiffres suivants :

Moyenne des pertes sur 1000 *chevaux.*

	Par la morve.	Par toutes les maladies, y compris la morve.
En 1846 (1re année de la 2e période).	35	64
En 1847.....	26	58
En 1857.....	16	37
En 1858.....	10	28

« Or, dit M. Renault, depuis 1846 il n'y a eu absolument de changé, dans les conditions d'hygiène des chevaux de l'armée, que la largeur de la place qui leur est allouée dans les écuries, que l'augmentation de la capacité, que l'aération et la ventilation de ces locaux. La nourriture, l'exercice, le pansage, etc., sont restés les mêmes. Il n'y a donc pas à se méprendre sur la cause de cette amélioration, si rapidement et si sensiblement croissante, de l'état sanitaire. »

Tout en reconnaissant l'utilité et l'efficacité de l'accroissement de l'espace cubique alloué à chaque cheval, je ne suis pas aussi sûr que des mesures à peu près convenables aient été également et généralement prises pour assurer suffisamment le renouvellement de l'air. Je reviendrai tout à l'heure sur cette partie de la question.

Les résultats favorables obtenus en France par l'augmentation de la capacité des écuries étaient d'ailleurs passés à

l'état normal et permanent dans plusieurs parties de l'Allemagne, où, par suite de dispositions analogues, la morve était devenue à peu près inconnue, et si rare, qu'un colonel de hulans de l'armée westphalienne fut destitué, parce que son régiment, en garnison à Munster, avait perdu, pendant l'automne de 1844, douze chevaux de la morve, ce que l'on crut pouvoir attribuer à la fatigue causée par des manœuvres excessives.

Les idées favorables à l'aération complète des chevaux devinrent tellement en faveur dans l'armée française, qu'en 1854, à l'époque où l'artillerie était mise sur un pied de guerre, pour lequel les écuries qui lui étaient affectées devinrent insuffisantes, il fut ordonné de faire bivaquer jour et nuit, en toute saison, une partie des chevaux du 7e régiment d'artillerie, qui passèrent ainsi à Metz plus de six mois de cette année.

Si cette mesure, empruntée aux habitudes de l'armée d'Afrique, présenta par suite de l'attache au piquet et de la consommation utile du fourrage des inconvénients, elle ne paraît pas en avoir eu pour la santé des chevaux.

Sans aller aussi loin, des vétérinaires instruits ont constaté, par de premières observations, qu'une aération obtenue par l'ouverture permanente des portes et des fenêtres, même en hiver, était éminemment favorable, non-seulement aux animaux en santé, mais même à ceux qui étaient malades.

« De 1858 à 1861, dit M. Renault, M. Oger, alors vétérinaire en premier au 7e régiment de lanciers, convaincu par une longue expérience que, même dans leurs conditions actuelles d'amélioration, la plupart des écuries anciennes ne donnent pas encore aux chevaux un air aussi pur et aussi abondant qu'il conviendrait à leur santé, obtenait de son colonel l'autorisation de laisser portes et fenêtres ouvertes, nuit et jour, non-seulement dans toutes les écuries occupées par les chevaux du régiment, mais encore dans les infirmeries. A peine quelques mois de ce régime s'étaient-ils écou-

lés, que déjà son influence se traduisait par une remarquable amélioration dans l'état sanitaire des chevaux de ce régiment, et par la gravité sensiblement moindre des affections de ceux qui étaient aux infirmeries. Ce fut à ce point que les colonels de deux autres régiments, le 4e de chasseurs et le 5e de hussards, frappés de ces résultats, suivirent l'exemple donné par le 7e de lanciers, et depuis lors ont vu, comme ce dernier, les excellents effets de cette aération permanente se manifester par une diminution notable dans le nombre de leurs chevaux malades et le chiffre habituel de leur mortalité. »

Le système de l'aération continue par l'ouverture permanente des portes et des fenêtres est aussi en usage dans le 3e régiment de dragons depuis huit ans, et les résultats en ont paru si constamment favorables dans les diverses garnisons que le corps a occupées, que les colonels qui l'ont successivement commandé ont toujours maintenu le même usage.

En rentrant des manœuvres, on se contente de couvrir les chevaux avec la couverture pliée en quatre, pendant le temps nécessaire, mais les portes et les fenêtres ou lucarnes restent toujours ouvertes.

Au camp de Châlons, en 1862, on a remarqué que ce régiment a eu beaucoup moins de chevaux malades que les autres corps de cavalerie, qui ne suivaient pas le même mode.

Ces renseignements, qui m'ont été fournis par M. le colonel de Brauer, ont été complétement certifiés par le vétérinaire du corps, qui y est en fonctions depuis plus de huit ans.

Frappé de ces résultats remarquables, M. le maréchal Randon, ministre de la guerre, a ordonné que des expériences sur une grande échelle fussent poursuivies dans des régiments de diverses armes, au centre, au midi et au nord de la France.

Voici le programme donné pour ces expériences :

« MM. les chefs de corps, dans lesquels elles auront été prescrites, choisiront dans leur régiment deux escadrons logés dans des écuries ayant autant que possible les mêmes dispositions et la même orientation. L'un de ces escadrons, devant servir de point de comparaison, sera soumis à l'aération habituelle du corps, l'autre à l'aération permanente.

« Celle-ci consistera à laisser les portes et les croisées de l'écurie constamment ouvertes, quel que soit l'abaissement de la température. Il n'y aura d'exception qu'en hiver, dans les deux cas suivants : 1° lorsque les portes, dont l'une serait située au nord et l'autre au midi, se correspondraient; 2° lorsque les chevaux rentreront du travail ou des promenades. Dans le premier cas, on fermera la porte du nord seulement; dans le second, les portes et les croisées seront fermées pendant l'espace d'une à deux heures au plus. »

L'on voit que, dans cette instruction, il n'est pas question des conduits d'évacuation de l'air vicié, et que, pour sa sortie comme pour l'introduction de l'air nouveau, l'on compte uniquement sur les courants naturels qui s'établiront dans l'intérieur des écuries.

Les résultats des observations recueillies, depuis le mois de décembre 1861 au mois de décembre 1862, dans les régiments où les expériences ont été faites, ont été l'objet d'un rapport adressé, à la date du 20 mai 1863, au Ministre de la guerre, qui a bien voulu m'en faire donner communication.

Les conclusions générales auxquelles s'est arrêtée la commission d'hygiène hippique sont les suivantes :

« 1° Les 311 chevaux soumis à l'aération habituelle n'ont éprouvé aucun changement bien appréciable dans leur état et dans leur énergie. Leur état sanitaire a été le même que celui des autres chevaux du corps. D'après le tableau des

mutations, le chiffre des entrées aux infirmeries a été de 92 ou 29,6 pour 100, et le chiffre des pertes de l'année a été de 5, soit 16 sur 1000.

« 2° Les 451 chevaux soumis à l'aération permanente ont, au contraire, subi d'avantageuses modifications dans leur état et dans leur énergie. Leur état sanitaire a été sensiblement plus satisfaisant que celui des chevaux de la première catégorie, puisque le relevé des mutations n'a constaté pour l'année que 63 ou 13,9 sur 100 entrées aux infirmeries, et qu'il n'était mort que 3 chevaux, soit 6,6 sur 1000.

« 3° Les différences observées entre la température extérieure et la température intérieure des écuries, affectées aux chevaux soumis à l'aération habituelle, ont varié, suivant que dans ce système l'aération a été plus ou moins large, plus ou moins complète ; mais cependant lorsque la température extérieure était de $+4^0$ et au-dessous, la température intérieure a toujours été plus élevée de 8 à 12^0 ; au contraire, lorsque la température extérieure dépassait $+20^0$, la température intérieure était plus basse de 6 à 10^0.

« 4° Ces différences, en ce qui regarde les écuries affectées aux chevaux soumis à l'aération permanente, ont été beaucoup moins sensibles, puisque dans le premier cas la différence en plus n'a été que de 2 à 4^0, et que dans le deuxième cas elle n'a été en moins que de 3 à 6^0, ce qui évidemment plaçait déjà les chevaux de cette catégorie dans de meilleures conditions d'hygiène, attendu que ceux-ci se trouvaient moins exposés aux influences des transitions brusques de température.

« 5° Les chevaux de cette dernière catégorie ont paru mieux résister au travail et suer moins facilement, et ils étaient aussi moins exposés aux arrêts de transpiration et aux répercussions cutanées.

« 6° En présence de ces résultats, évidemment très-expli-

cites, les commissions régimentaires ont été unanimes à reconnaître que l'aération permanente présentait une supériorité notable sur tous les autres modes employés dans l'armée. Cette supériorité était d'autant plus marquée que dans le système qui servait de point de comparaison, l'aération était moins large et moins complète. Le mode d'aération permanente offrait en outre le grand avantage de fournir toujours à la respiration des chevaux une grande quantité d'air pur, et d'augmenter ainsi leur résistance à l'action des agents morbifiques, en les rendant, en même temps, moins impressionnables aux influences atmosphériques.

« 7° Deux commissions, celle du 2e régiment de hussards et celle du 3e régiment de cuirassiers, ont exprimé l'opinion que ce système ne saurait être adopté d'une manière définitive qu'à la condition de remplacer les châssis de fenêtres des écuries par des toiles métalliques, et les portes entières par des demi-portes, ne s'élevant qu'à $1^{m},50$ au-dessus du sol. »

La prudence qui doit guider l'autorité, quand il s'agit d'un intérêt aussi important que celui de la conservation des chevaux de toute la cavalerie de l'armée, engagera peut-être à renouveler et à multiplier les expériences avant de prendre un parti définitif. Il est d'ailleurs possible que, pendant les hivers rigoureux, il puisse y avoir nécessité de restreindre un peu les ouvertures d'accès de l'air, mais il n'en reste pas moins acquis, par ces expériences exécutées dans quatre régiments stationnés au nord, au centre et au midi de la France, que l'aération continue paraît être d'un effet très-salutaire pour la santé des chevaux.

622. *Observation relative au tondage des chevaux.* — L'usage très-ancien dans le midi de tondre les animaux de trait ou de bât s'est, depuis un certain nombre d'années, étendu aux chevaux de luxe, auxquels il donne une apparence plus agréable à l'œil que le poil d'hiver. Un des avantages qu'on

lui attribue, c'est de faciliter l'évaporation de la transpiration à mesure qu'elle se produit, et d'empêcher ainsi les animaux de rester longtemps mouillés et d'être plus tard refroidis par la sueur, quand ils sont rentrés à l'écurie. Cela est vrai, mais le dernier effet n'est que la conséquence du défaut à peu près complet d'aération des écuries, défaut que les cochers exagèrent encore dans nos habitations, aujourd'hui si rétrécies, en ayant soin de tenir presque toujours les ouvertures closes pour entretenir à l'intérieur une température élevée qui, rendant le poil moins nécessaire, s'oppose à son développement.

Sans rien vouloir exagérer, je crois qu'il vaudrait mieux aérer complétement les écuries et couvrir chaudement les chevaux. L'air qu'ils respireraient serait plus pur, les gaz ammoniacaux seraient incessamment enlevés, au grand soulagement de la vue et des organes de la respiration.

625. *Observations recueillies à Denain.* — Une circonstance particulière m'ayant récemment conduit à Denain, j'ai eu l'occasion d'y visiter une belle exploitation agricole réunie à une sucrerie, dont le service et les cultures exigent l'emploi d'un grand nombre de bœufs.

Les étables, qui contiennent parfois jusqu'à cent têtes de bétail, tant en bêtes de travail qu'en élèves et en animaux à l'engrais, ont environ $1^{m},14$ de longueur par bête, $5^{m},70$ de largeur, $4^{m},50$ de hauteur, ce qui correspond à une capacité de 27 mètres cubes par tête, et me semble insuffisant. Elles sont simples, percées sur les deux faces de lucarnes toujours ouvertes, et munies chacune vers le milieu de leur longueur d'une ou de deux cheminées d'évacuation de l'air vicié. La somme des orifices d'admission, en y comprenant les portes et les lucarnes, correspond à $0^{m.q},26$ par tête de bétail. Les cheminées d'évacuation présentent une section de $0^{m.q},03$ par bête.

L'aération est donc continue en toute saison, et le propriétaire, M. H. Macarès, m'a affirmé que son bétail, toujours

en parfaite santé, n'était jamais éprouvé par les épidémies qui se répandent souvent dans les étables mal aérées.

Dans la disposition que je viens d'indiquer, l'on remarquera que l'existence de cheminées d'appel, dans chaque étable, et l'ouverture permanente des lucarnes pratiquées sur les deux faces, assurent à la fois l'évacuation régulière de l'air vicié et l'introduction de l'air nouveau. En mettant, à l'aide d'un dispositif analogue à celui que j'indiquerai plus loin, les cheminées d'évacuation à l'abri des effets des bourrasques, l'on peut obtenir par ces dispositions simples et peu dispendieuses une aération continue des étables et des écuries.

624. *Observations faites dans les écuries de la Compagnie générale des Omnibus.* — Les écuries de cette compagnie contiennent généralement 24 chevaux, disposés sur deux rangs, et n'offrent qu'une capacité variable de 20 à 25 mètres cubes par cheval, ce qui est tout à fait insuffisant. Elles ne peuvent être éclairées et aérées que par les deux extrémités. Des cheminées d'évacuation de l'air vicié y ont été établies, d'abord au nombre de deux dans les angles, une pour chaque rangée de chevaux, offrant chacune une section d'environ $0^{m.q},70$, soit ensemble $1^{m.q},40$; ce qui, avec une vitesse de $0^{m},80$ en $1''$, pourrait produire une évacuation d'environ 168 mètres cubes d'air par heure et par cheval.

Mais l'ouverture de ces cheminées, directement au-dessus des chevaux placés à l'extrémité de chaque rang, a présenté quelques inconvénients; les animaux plus immédiatement soumis au courant d'air déterminé par l'appel étaient séchés trop rapidement quand ils rentraient en sueur du travail. L'on a alors, pour quelques écuries, remplacé les deux cheminées par une seule, établie au milieu de l'écurie au-dessus de l'allée, ce qui est bien préférable; mais cette cheminée unique, dont la section aurait dû être égale à la somme de celles des deux cheminées précédentes, n'a qu'environ

$0^{m.q}$,49 de section, ce qui n'est pas suffisant, comme on le verra par les résultats des expériences.

Malgré ces moyens d'aération, la Compagnie a dû se préoccuper de l'état de l'atmosphère de ses écuries, où la nuit, quand tous les chevaux sont rentrés, il règne une température supérieure souvent de 10 à 12 degrés à celle de l'air extérieur et où l'air est saturé de vapeur.

Pour constater d'abord les effets obtenus avec les dispositions existantes, j'ai fait faire quelques expériences qui ont fourni les résultats suivants :

EXPÉRIENCES EXÉCUTÉES DANS LES ÉCURIES DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS.

NUMÉROS de l'écurie.	NOMBRE de chevaux.	ESPACE CUBIQUE		SECTION des cheminées.	VITESSE de l'air évacué en 1".	VOLUME D'AIR ÉVACUÉ PAR HEURE		TEMPÉRATURES	
		total.	par cheval.			total.	par cheval.	extérieure.	intérieure.
		m.c.	m.c.	m.q.	m.	m. c.	m.c.	°	°
12	24	471	19,62	0,4872	1,13	1,985	83	6,0	17,5
7	24	531	22,12	1,3953	0,75	3,763	156	6,0	13,5
2	24	602	25,09	1,4176	0,91	4,663	194	6,0	13,5

NOTA. L'écurie n° 12 n'a qu'une cheminée. Les écuries 7 et 2 en ont chacune deux.

625. *Conséquences des résultats précédents.* — Ce tableau montre d'abord l'insuffisance de capacité de ces écuries qui n'ont, comme je l'ai dit plus haut, qu'un volume de 20 à 25 mètres cubes par cheval, pour des animaux très-robustes, abondamment nourris et soumis à un travail continu, tandis qu'on a reconnu que, pour les chevaux de la cavalerie, il fallait allouer au moins 50 mètres cubes de capacité par animal.

L'on voit qu'un renouvellement d'air de 83 mètres cubes par cheval et par heure est tout à fait insuffisant pour empêcher la température de s'élever, puisque le 10 mars, alors que la température extérieure était de 6°, celle de l'intérieur de l'écurie est montée à 17°,5, ou s'est ainsi accrue de 11°, malgré l'évacuation de ce volume d'air.

Les expériences faites sur les écuries nos 7 et 2, où le volume d'air vicié évacué s'est élevé à 156 mètres cubes, et à 194 mètres cubes par heure et par cheval, font voir qu'un volume de 180 à 200 mètres cubes environ est nécessaire pour empêcher la température de s'élever de plus de 7 à 8° au-dessus de celle de l'air extérieur.

On voit aussi que, sans le secours d'aucun moyen artificiel, la seule action d'une différence de température intérieure de 11° peut déterminer une vitesse d'évacuation de 1m,13, et celle de 7°,5 une vitesse de 0m,75 à 0m,90 en 1″ dans des cheminées en métal de 6 mètres environ de hauteur. Par conséquent, en partant de cette donnée et en proportionnant convenablement la section des cheminées d'évacuation, on pourra, dans des cas analogues, déterminer l'évacuation de tel volume d'air qui sera jugé nécessaire.

Mais, dans le cas actuel, où l'on ne peut songer à employer que la ventilation naturelle, il faut se rappeler qu'elle est sujette à des renversements de sens, soit par l'action du vent, soit par des causes accidentelles, quand les différences de température sont faibles. Il convient donc de prévoir les cas, assez rares d'ailleurs, où il se ferait des rentrées d'air par les cheminées destinées à l'évacuation et choisir leur empla-

cement ou celui des orifices d'appel, de façon que les animaux ne puissent jamais en être incommodés. C'est par ce motif que, dérogeant à la règle générale que j'ai posée, d'appeler l'air vicié le plus près possible des points où il est altéré, je crois devoir, pour les écuries et les étables, indiquer que ces orifices devront être pratiqués loin des animaux et de manière cependant que l'air affluent ne s'y dirige pas immédiatement.

626. *Observations sur le degré d'hygrométricité de l'air.* — La proportion plus ou moins grande de vapeur d'eau contenue dans l'air d'une écurie ou d'une étable, étant, comme ailleurs, l'une des causes qui influent le plus sur leur salubrité, j'ai fait exécuter quelques expériences spéciales à ce sujet, dans les écuries de la Compagnie générale des Omnibus.

Pour l'exécution de ces expériences, qui ont été faites avec l'hygromètre de M. Regnault, l'on a observé successivement à l'air extérieur et dans les écuries 12, 7 et 2, qui contenaient des nombres différents de chevaux. Les résultats des observations sont consignés dans le tableau suivant, auquel j'ai joint les volumes d'air moyennement évacués de ces mêmes écuries, dans des conditions de température à peu près semblables.

NUMÉROS des expériences.	NUMÉROS des écuries.	NOMBRE de chevaux présents.	TEMPÉRATURE dans l'enceinte	TEMPÉRATURE du point de rosée.	FORCE ÉLASTIQUE de la vapeur d'eau à saturation correspondante enceinte.	FORCE ÉLASTIQUE point de rosée.	FRACTION de saturation	VOLUME D'AIR moyen évacué en 1 heure. total.	VOLUME D'AIR par cheval présent.	OBSERVATIONS.
			°	°				m.c.	m.c.	
1	»	»	9,70	2,30	8,925	5,416	0,60			Observations faites sous le hangar.
2	»	»	10,07	1,69	9,227	5,135	0,55			Observation faite en plein air.
3	12	18	18,77	16,71	16,246	14,151	0,88	1,985	110	L'écurie était restée fermée pendant une heure.
4	7	13	13,75	6,37	11,719	7,193	0,61	3,763	289	
5	7	13	13,75	6,37	11,719	7,193	0,61			Les portes de ces deux écuries étaient ouvertes selon l'habitude.
6	2	24	13,98	6,20	11,908	7,095	0,59	4,663	194	
7	2	24	14,20	7,35	12,604	7,676	0,64			
8	»	»	9,63	2,28	»	»	0,60			

Ces résultats montrent, que dans l'écurie n° 12, où il n'y avait, au moment des expériences que 18 chevaux, au lieu de 24 qu'elle contient la nuit, une ventilation d'environ 110 mètres cubes par heure et par animal, ne suffisait pas pour empêcher l'air de se surcharger de vapeur, puisque le degré d'hygrométricité est passé de 0,60 à 0,88. Il serait très-probablement arrivé au point de saturation, si l'écurie avait été entièrement occupée.

On voit, au contraire, que dans l'écurie n° 2, qui contenait 24 chevaux, mais où l'ouverture des portes et l'action des deux cheminées entretenaient une ventilation d'environ 194 mètres cubes par heure et par animal, d'après les expériences du 10 mars, la proportion de vapeur ou le degré de saturation de l'air est resté le même qu'à l'extérieur; ce qui montre que ce volume d'air est suffisant, mais à peu près nécessaire pour chaque animal.

Quant à l'écurie n° 7, où il n'y avait au moment des observations que 13 chevaux et où la ventilation enlevait environ 289 mètres cubes d'air par heure et par tête, le degré de saturation y est aussi resté le même qu'à l'extérieur et il y a lieu de croire que la ventilation y était surabondante.

627. *Conséquences générales des expériences sur les écuries.* — Ces expériences sur l'état hygrométrique de l'air des écuries de la compagnie générale des Omnibus, sont donc d'accord avec celles qui y ont été faites sur la marche des températures le 10 mars, pour montrer que le volume d'air à évacuer et à admettre nécessaire pour assurer la salubrité des écuries s'éloigne peu de 180 à 200 mètres cubes par heure et par cheval.

En partant de cette donnée et en ne comptant que sur une vitesse moyenne d'évacuation de $0^{m},70$ en $1''$, l'on trouve que les cheminées d'une hauteur de 5 à 6 mètres doivent avoir une section d'environ $0^{m.q},07$ à $0^{m.q},08$ par cheval.

A l'aide de ces données et en ménageant dans les faces opposées des murs des ouvertures d'accès de l'air offrant une

section au moins double de celle des cheminées, afin de pouvoir fermer momentanément au besoin, celles qui seraient exposées à des bourrasques, on assurera, je crois, d'une manière convenable la ventilation des écuries.

Quant à la construction des cheminées, il sera préférable, quand on le pourra et toujours lors de la construction, de les faire en maçonnerie dans l'épaisseur des murs. Celles qui sont en tôle sont sujettes au refroidissement par l'action de l'air extérieur, elles sont assez promptement corrodées, et celles que l'on fait en bois pourrissent rapidement par l'action de l'air chaud et humide qui les parcourt.

NOTES.

NOTE A.

Dispositions proposées pour les écoles.

Projet de M. d'Hamelincourt pour la ventilation des écoles et des salles d'asile. — Cet ingénieur a rédigé, d'après les indications précédentes (n° 463), un projet dont l'exécution, assez facile, me paraît pouvoir être adoptée dans les villes. Les dispositions en sont représentées dans la planche XVI, fig. 1, 2, 3 et 4.

On voit dans le plan fig. 2 que le calorifère est placé à l'extrémité de la salle opposée à la place de l'instituteur. Il se compose de plusieurs enveloppes, les unes en métal, les autres en maçonnerie, formant le calorifère A. L'air nouveau, pris à l'extérieur par deux orifices PP, se dirige dans les deux cheminées BB, communiquant à une chambre de mélange C, où il se mêle à l'air chaud venant du calorifère, dans la proportion convenable pour qu'en affluant dans la salle par le conduit EE, qui règne le long du plafond, il soit à une température assez peu différente de celle de l'intérieur pour ne pas incommoder. On peut, pour les saisons de printemps et d'automne, où il n'est pas toujours nécessaire de chauffer, empêcher cet air de passer à travers les tuyaux du calorifère.

L'appel de l'air vicié est déterminé, fig. 1 et 3, par la chaleur qu'une partie des parois du calorifère communique à la cheminée d'évacuation D, qui est placée entre le calorifère et le mur de fond de la salle. Cette cheminée s'élève au-dessus du toit, et, outre la chaleur empruntée au calorifère, elle

reçoit une partie de celle que peut lui abandonner le tuyau de fumée qui la traverse et la dépasse.

L'air qu'elle doit évacuer est appelé par des orifices ménagés dans les parois verticales O des extrémités des bancs (fig. 1, 2, 3 et 4), dont chacun a ainsi deux orifices qui établissent la communication avec des canaux FF, ménagés à peu de frais entre les lambourdes des planchers, et au nombre de trois (fig. 2), qui aboutissent au bas de la cheminée.

Cette disposition simple se prête à la ventilation d'hiver comme à celles du printemps et de l'automne, de même qu'à un chauffage plus ou moins énergique. Elle permettrait aussi d'assurer la ventilation d'été, si l'ouverture des fenêtres ne suffisait pas. Elle peut s'étendre à plusieurs salles, ou être restreinte à une seule, selon les circonstances.

Pour une école de 100 enfants, à chacun desquels on allouerait 15 mètres cubes d'air par heure, ce qui correspondrait en tout à $\frac{1500^{m.c}}{3600} = 0^{m.c},42$ par seconde, si l'on suppose que l'air afflue par les orifices P avec une vitesse de $0^{m},70$ seulement, il faudrait leur donner une section totale égale à

$$\frac{0,42}{0,65 \times 0,7} = 0^{m.q},92$$

ou à chacun $0^{m.q},46$ environ de passage libre, en admettant que le coefficient de contraction, à l'entrée, soit égal à 0,65.

Les autres conduits de circulation intérieure de l'air pourraient avoir la même section.

L'air, à son arrivée dans la salle, ne devrait avoir qu'une vitesse de $0^{m},50$, afin que son affluence ne fût pas sensible. Si l'on suppose que le conduit E ne règne que dans le fond de la salle, et n'ait que 5 mètres de longueur, la section libre de passage par les orifices de débouché, qu'il n'est pas nécessaire de garnir de grilles, devrait avoir une hauteur égale à

$$\frac{0^{m.c},42}{0^{m},50 \times 5^{m}} = 0^{m},168.$$

Mais je crois qu'il serait préférable, pour obtenir une répartition plus uniforme de l'air dans la salle, de prolonger le conduit E, sous forme de corniche creuse, sur les deux longs côtés de la salle, à peu près jusqu'à la moitié de leur longueur, en lui donnant sur chaque face 5 mètres de longueur, et en ne l'ouvrant, au contraire, du côté du fond, que sur une longueur de 6 mètres répartis à droite et à gauche du calorifère. On envelopperait ainsi, à peu près, l'espace occupé par les enfants, sur une longueur de 16 mètres, et alors la hauteur libre de passage par l'orifice allongé de ce conduit devrait, en supposant toujours la vitesse d'arrivée limitée à $0^m,50$ en une seconde, être égale à

$$\frac{0^{m.c},42}{0,50 \times 16} = 0^m,052.$$

Les bancs étant au nombre de 20, et offrant à chacune de leurs extrémités deux orifices d'appel de l'air vicié, il y aura en tout 40 orifices. La vitesse d'appel peut être estimée à $0^m,70$ en une seconde, de sorte que la superficie totale de passage offerte par ces 40 orifices devrait être égale à

$$\frac{0^{m.c},42}{0,70} = 0^{m.q},60.$$

La surface libre de passage offerte par chacun d'eux devrait donc être de

$$\frac{0^{m.q},60}{40} = 0^{m.q},0150.$$

Mais comme l'appel a naturellement plus d'énergie dans le voisinage de la cheminée qu'à l'extrémité opposée de la salle, il convient, je crois, de donner aux orifices les plus rapprochés de cette cheminée une largeur moindre qu'aux plus éloignés. On pourrait, par exemple, répartir ainsi qu'il suit la surface libre de passage à obtenir, non compris les effets de la contraction :

Trois premiers rangs, 12 orifices de 0$^{m\cdot q}$,0100, aire totale.	0$^{m\cdot q}$,1200
Trois rangs suivants, 12 orifices de 0 ,0150, aire totale.	0 ,1800
Quatre derniers rangs, 16 orifices de 0 ,0180, aire totale.	0 ,3200
Total général.....	0$^{m\cdot q}$,6200

L'air, dans la cheminée d'évacuation, devant être à une température d'environ 36°, afin qu'elle excède au moins de 20° celle de l'air extérieur, sa densité sera de 1,14, et le volume de 0$^{m\cdot c}$,420 à évacuer en une seconde deviendra à peu près égal à 0$^{m\cdot c}$,450. Si l'on suppose que, dans cette cheminée, la vitesse soit seulement de 1 mètre par seconde, ainsi qu'on l'observe ordinairement dans des circulations plus compliquées, la section libre de passage dans cette cheminée devrait être de 0$^{m\cdot q}$,450. Le tuyau de fumée ayant 0^{m},20 de diamètre, sa section occupera dans la cheminée une aire égale à 0$^{m\cdot q}$,0314. Par conséquent, la cheminée devra avoir une section totale égale à

$$0^{m\cdot q},450 + 0^{m\cdot q},031 = 0^{m\cdot q},481.$$

Je suis entré dans le détail des dimensions à donner aux différents passages, pour montrer que ces calculs sont d'une extrême simplicité, et qu'ils peuvent d'ailleurs être modifiés, selon les conditions locales, pourvu toutefois qu'on ne suppose pas aux vitesses d'arrivée et d'appel des valeurs très-différentes de celles que j'ai adoptées, et que l'on obtient facilement dans la pratique.

Projet de M. Guérin, ingénieur de la maison L. Duvoir-Leblanc. — Le projet de cet ingénieur, rédigé d'après les mêmes bases, présente des dispositions analogues.

L'air nouveau arrive par deux orifices DD (pl. XVI), ouverts dans le mur de pignon et afflue dans deux coffres JJ, disposés au fond de la salle dans toute sa largeur (fig. 5 et 6).

Un calorifère A avec cloche en fonte et des tuyaux GG, régnant sur deux rangs à droite et à gauche dans les coffres JJ, échauffent l'air nouveau, qui, à l'aide de registres EE, peut être introduit, selon les besoins, en plus ou moins

grande quantité. Des registres FF permettent de modérer ou d'activer la circulation de la fumée dans les tuyaux GG pour varier l'échauffement de l'air, et un registre K sert à régler l'échappement total ou partiel de la fumée dans la cheminée, selon que l'on veut cesser ou diminuer le chauffage, en se bornant à employer la chaleur à produire l'appel.

L'air nouveau doit être introduit par une corniche creuse vers le plafond, et les orifices d'admission seraient proportionnés comme nous l'avons dit précédemment, sur trois côtés seulement de la salle et sur un développement d'environ 16 mètres.

M. Guérin a supposé que l'appel de l'air vicié se ferait sous les bancs, comme l'indique la coupe longitudinale de son projet (pl. I, fig. 5), et que cet air se rendrait dans un espace réservé sous toute l'étendue du plancher occupée par ces bancs. Cette disposition est assez convenable pour des constructions neuves; mais pour des salles d'écoles déjà existantes, il ne serait pas nécessaire d'établir une si grande section de passage à l'air vicié, et l'on pourrait se borner à deux ou trois conduits proportionnés d'après les bases indiquées plus haut.

Il y aurait lieu aussi de graduer, dans des proportions analogues à celles que nous avons admises pour le projet de M. d'Hamelincourt, les sections des orifices d'appel de l'air vicié ouverts sous les bancs, de façon qu'elles allassent en croissant à mesure qu'elles seraient plus éloignées du calorifère, en admettant que la vitesse de passage pourrait atteindre $0^{m},70$ en $1''$.

Les deux projets, dont je viens d'indiquer les dispositions, me paraissent satisfaire également bien aux conditions d'un chauffage modéré et d'une ventilation suffisamment énergique pour des salles d'écoles, et ils ne donneraient lieu pour l'établissement et le service courant qu'à des dépenses qui ne seraient pas hors de proportion avec l'utilité du but à atteindre.

Application aux salles de catéchisme des églises. — Des dispositions analogues s'appliqueraient également bien à la ventilation des chapelles ou dans les églises, où l'on donne l'instruction religieuse à des enfants de 12 à 14 ans réunis en très-grand nombre, et dans lesquelles il règne le plus souvent une chaleur et surtout une insalubrité des plus désagréables.

Un projet préparé pour l'une des églises de Paris sera prochainement exécuté.

NOTE B.

Dispositif pour mettre les cheminées d'évacuation à l'abri de l'action du vent.

J'ai signalé, à l'occasion des diverses expériences sur la ventilation des hôpitaux, l'influence perturbatrice qu'exerce l'action du vent sur les larges cheminées d'évacuation de l'air vicié. Cette influence est d'autant plus grande que la vitesse moyenne d'écoulement est moindre, et il importe beaucoup de se mettre à l'abri de ses effets.

Plusieurs dispositifs ont été depuis longtemps proposés pour obtenir un résultat analogue avec les cheminées ordinaires, et l'appareil, connu sous le nom de loup, composé d'une girouette qui fait tourner un tuyau coudé, de manière à en diriger l'embouchure du côté d'aval, par rapport au courant d'air, me paraît de tous le plus convenable.

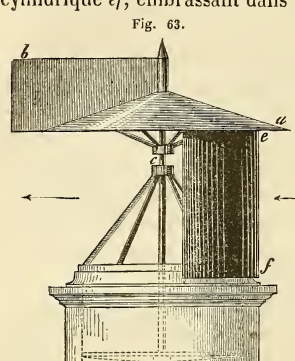
Tel qu'il a été construit jusqu'ici, on peut lui reprocher d'être un peu lourd et exposé à donner, sur sa surface cylindrique, lieu à un frottement contre celle de la cheminée, ce qui pourrait diminuer beaucoup sa sensibilité et par suite son efficacité. J'ai vu cependant des appareils de ce genre fonctionner parfaitement dans des situations exposées à des vents d'une grande violence, et qui durent sans avaries depuis plus de 18 ans.

Je regarde donc ce dispositif comme bon, et je crois qu'il suffit de le rendre aussi léger et aussi mobile que possible, pour pouvoir en tirer bon parti, même pour les plus grandes cheminées.

Au lieu de lui donner la forme d'un tuyau coudé, il suffirait de le composer d'un chapeau conique *ab* destiné à empêcher la pluie de pénétrer dans la cheminée et supporté par un arbre *cd*, auquel on donnerait une longueur égale à une fois et demie ou deux fois le diamètre de la cheminée, ce qui suffirait pour bien assurer sa verticalité.

Le chapeau *ab* porterait en dessous un masque de forme cylindrique *ef*, embrassant dans son développement environ le tiers de la circonférence de la bouche de la cheminée, et il recevrait en dessus, du côté opposé, une girouette de dimension convenable, qui, en s'orientant sous l'action du vent, forcerait le masque *ef* à empêcher l'introduction de ce vent dans la cheminée.

Fig. 63.



Ce dispositif, en laissant complétement libre le débouché de la cheminée du côté qui serait sous le vent, aurait l'avantage d'utiliser, pour assurer l'évacuation de l'air vicié, l'action d'entraînement ou d'aspiration que produit toujours un courant d'air.

Un appareil de ce genre pourrait être rendu très-mobile, en ayant soin que le masque *ef* fût assez éloigné des parois de la cheminée et assez rigide, pour que, sous l'action des plus grands vents, il ne pût jamais toucher ces parois. Il serait d'ailleurs facile de donner à la girouette une forme artistique assez élégante pour qu'elle ne déparât aucun monument.

Je regarde l'emploi d'un dispositif analogue, ou remplissant le même but, comme un accessoire indispensable de toute cheminée de ventilation. C'est faute d'en avoir reçu de semblables, que la plupart de ces cheminées sont influencées de la manière la plus fâcheuse par le vent.

NOTE C.

Expériences faites au Théâtre-Lyrique en mai 1863.

L'établissement d'un service de contrôle de la marche des appareils de chauffage et de ventilation des trois nouveaux théâtres de la ville de Paris n'a pas tardé à montrer à quel degré pouvaient être amoindris les effets de ces appareils, quand ils étaient livrés au caprice et aux préventions peu éclairées des directeurs.

Plusieurs rapports successifs, adressés à M. le préfet de la Seine sur le Théâtre-Lyrique, ont constaté que, même quand la température extérieure pouvait encore l'exiger, les deux calorifères destinés à l'échauffement de l'air nouveau à introduire dans la salle n'étaient pas allumés et que tous les registres qui permettent l'arrivée de cet air, venant du square Saint-Jacques dans cette salle, étaient fermés, ainsi que ceux qui, placés à la sortie de la chambre de mélange, servent à diriger l'air dans les conduits, qui le mènent au cadre du rideau ou aux entrevoux des loges.

Il en résultait que toutes les entrées régulières ménagées pour l'admission de l'air nouveau étant fermées, le remplacement de l'air vicié ne se faisait plus que par la scène, par les couloirs et par d'autres ouvertures plus ou moins irrégulières, ce qui ne pouvait manquer de donner lieu, en certains endroits, à des courants d'air fort gênants, que l'on ne manquait pas d'attribuer aux appareils de ventilation.

L'appel de l'air vicié de l'orchestre et du parterre, pour lequel deux cheminées spéciales ont été établies, était aussi complétement supprimé. Les foyers n'étaient jamais allumés et les registres, disposés à cet effet, étaient fermés.

Quant à l'appel exercé par la chaleur, développée dans la coupole par les appareils d'éclairage, bien qu'il fût considérablement diminué par une grande restriction de la consommation de gaz, il avait conservé une certaine énergie, qui eût

été encore susceptible, comme on le verra, d'assurer jusqu'à un certain point un renouvellement presque suffisant de l'air, si l'incurie et l'absence de toute surveillance n'en avaient considérablement amoindri les effets.

Une grande partie des orifices d'évacuation dans la coupole étaient irrégulièrement fermés, et les deux portes, qui permettent l'accès dans cette coupole, bien que munies, avec intention, de moyens de fermeture, et celles qui, des ponts de la scène, établissent la communication avec le comble, ainsi que des fenêtres donnant à l'extérieur de ce comble étaient constamment ouvertes, de sorte que l'appel exercé par la chaleur déterminait, au détriment de la ventilation de la salle, l'arrivée dans la coupole d'un volume d'air considérable, venant en grande partie des ponts de la scène. Il en résultait, à la vérité, que les mécaniciens et les pompiers, de service dans ces endroits, y étaient assez convenablement ventilés et à leur aise; mais quoiqu'il fût juste de chercher à leur rendre le service moins pénible, ce n'était pas précisément pour eux que la ville avait fait les frais d'installations dispendieuses destinées à profiter au public.

Ces ouvertures irrégulières d'une part, et de l'autre la fermeture des cheminées d'appel de l'air vicié de l'orchestre et du parterre avaient tellement réduit le volume d'air total évacué que, par des expériences spéciales, exécutées par l'ingénieur chargé du contrôle, il avait été trouvé seulement égal :

Le 1er	mai 1863,	à. . .	31 000 mètres par heure.
Le 2	—	à. . .	36 000 —
	Moyenne. . . .		33 500 mètres par heure ou $20^{m},41$

par heure et par place, au lieu de 51 000 mètres par heure, ou de 30 mètres par place qui devaient être extraits.

Après quelques visites de cet ingénieur, la direction du théâtre s'étant préoccupée des conséquences que son examen pouvait avoir pour elle, fit ouvrir une partie des registres

qui amènent l'air nouveau aux conduits du cadre du rideau; mais ceux qui étaient destinés à le diriger dans les entrevoux des étages de loges restèrent fermés, quoique, sans aucune dépense, l'on eût pu, en les ouvrant, faire arriver un certain volume d'air frais dans toute la salle, à un moment de l'année où la température extérieure commençait à s'élever. Il résulta de cette ouverture partielle une introduction d'air nouveau, qui s'est élevé le 8 mai à 16000 mètres cubes au lieu des 25000 mètres exigés par le marché de construction des appareils.

Il suit de ce qui précède que des rapports réguliers avaient constaté qu'au lieu « de faire jouir le public, pendant la durée du bail, de la plénitude des avantages que la ville de Paris a voulu lui procurer en installant dans le théâtre les appareils nouveaux d'éclairage, de chauffage et de ventilation dont il est pourvu (article 2 du bail), » le directeur avait, de son autorité privée, supprimé presque complétement le jeu des dispositions prises, pour assurer d'une manière aussi régulière que possible l'arrivée de l'air nouveau et laissé restreindre, par négligence et par défaut de surveillance, l'effet de la chaleur développée dans la coupole pour l'évacuation de l'air vicié.

Si je suis entré dans ces détails, c'est qu'ils fournissent un exemple frappant des inconvénients que présente l'abandon du chauffage et de la ventilation aux soins des directeurs des théâtres, toujours intéressés à en restreindre la dépense beaucoup au delà de ce que pourrait leur conseiller une sage économie et leurs intérêts bien entendus. L'on verra, en effet, plus loin, par les résultats des expériences que je vais faire connaître, qu'en rétablissant les circulations d'air, comme elles avaient été prévues, en fermant les portes ouvertes mal à propos et en consommant seulement par soirée, au maximum, 300 kilogr. de houille, dans les cheminées d'appel de l'air vicié de l'orchestre et du parterre, c'est-à-dire en dépensant pour moins de 15 francs de charbon, équivalant au prix de deux stalles d'orchestre, on peut avec les appareils

encore incomplets que l'on a établis, obtenir une ventilation qui dépasse les volumes prévus et maintenir à tous les étages de places des températures à peu près égales et bien inférieures à celles que l'on observe à l'Opéra et aux Italiens. C'est donc pour une si misérable économie que, faute de vouloir suivre des avis éclairés, la direction de ce théâtre a manqué aux engagements qu'elle a contractés envers la ville.

Mais outre que le renouvellement de l'air et l'assainissement de la salle n'ont plus été obtenus, il est résulté de l'altération du jeu régulier des appareils, pour le public et même pour les artistes, des inconvénients assez graves que l'on n'a pas manqué, comme je l'ai déjà dit, d'attribuer aux appareils.

Ainsi, les conduits réservés pour l'arrivée de l'air extérieur étant fermés et l'appel conservant pour l'évacuation une activité que l'on ne pouvait annuler, l'air nouveau n'affluait que par la scène, quand la toile était levée, ou par les couloirs et les portes de loges, pendant les entr'actes. Dans le premier cas, il s'établissait par les escaliers et les autres ouvertures de la scène des courants d'air gênants et parfois dangereux pour les acteurs. Dans le second, les couloirs et les portes des loges donnaient accès à des volumes d'air que j'ai fait mesurer et qui se sont élevés aux chiffres suivants :

Par les couloirs du parterre, le 22 mai, 10 081 mètres par heure. — Vitesse, $1^{m},17$.

Par les portes de l'amphithéâtre, le 22 mai, 14 702 mètres par heure. — Vitesse, $0^{m},70$.

Ces courants d'air, relativement froids, affluant avec une semblable vitesse, produisaient un effet très-désagréable. Je dois répéter ici que l'on ne saurait jamais se flatter de les faire entièrement disparaître ; mais, outre qu'ils ont été considérablement augmentés par les causes que j'ai fait connaître, il y a des moyens de les atténuer assez pour qu'ils cessent d'être incommodes : j'y reviendrai à la fin de cette note.

Informé de l'état de choses que je viens d'indiquer, M. le préfet de la Seine, désireux d'avoir une appréciation des effets

que l'on peut réellement obtenir des appareils établis, en les faisant fonctionner d'une manière normale, a pris, le 16 mai 1863, un arrêté par lequel, « à partir du 20 mai 1863 jusqu'au 31 du même mois, les appareils d'éclairage, de chauffage et de ventilation du Théâtre-Lyrique seront, en vue des expériences à faire pour constater l'efficacité desdits appareils, dirigés exclusivement par les soins du rapporteur de la commission et de M. Villermé, ingénieur civil, avec le concours de l'entrepreneur des appareils, M. d'Hamelincourt. »

Il peut paraître singulier qu'il ait fallu en venir à de semblables mesures pour pouvoir constater les résultats d'appareils, dont la ville a si libéralement fait toute la dépense, et l'on sera peut-être encore plus surpris, quand j'ajouterai que, pour leur exécution, il a été nécessaire de recourir deux fois à l'intervention d'un commissaire de police. C'est un exemple de plus des difficultés que rencontrent les amis de la science pour parvenir à démêler la vérité, quand des intérêts ou des préventions s'opposent à sa manifestation.

Quoi qu'il en soit, armé de l'autorité nécessaire, j'ai procédé immédiatement à l'exécution des expériences dont je vais faire connaître les résultats.

Rectification des données admises précédemment pour le nombre des places. — Dans tout ce qui précède, quant au Théâtre-Lyrique, j'ai admis pour la discussion des proportions, des appareils et des résultats des expériences insérés au n[os] **552** et suivants, que les nombres de places disponibles dans le théâtre étaient les suivants :

	Nombres admis.		Nombres réels.	
Orchestre, parterre et baignoires.	470		442	
1[er] étage	174	754	256	736
2[e] étage	302		202	
3[e] étage	278		178	
4[e] étage (amphithéâtre)	416		246	
	1640		1472	

Les derniers chiffres, relevés après l'achèvement du théâ-

tre étant officiels, et fournis par la Préfecture de la Seine, ce sont les seuls que je doive admettre à l'avenir pour la discussion des résultats des expériences suivantes :

Observations préalables. — Avant de remettre en complète activité les appareils dont il s'agissait de constater les effets, j'ai fait faire des observations préalables, ayant pour objet de vérifier les résultats déjà observés par M. l'ingénieur Villermé, chargé du contrôle, sur les conséquences de la marche des appareils, telle qu'elle avait lieu par les ordres du directeur du théâtre.

A cet effet, le 22 mai, la température extérieure étant de 13°,25 à sept heures du soir et 11° à minuit, soit en moyenne égale à 12°,12, l'on a constaté qu'au deuxième acte de la pièce intitulée *Oberon*, ou le troisième de la soirée, la température intérieure était à l'amphithéâtre de 25°, et au troisième acte de la même pièce, au troisième étage, de 28°. Les volumes d'air vicié évacué par les orifices de la coupole ont été trouvés pour les

Premier, deuxième et troisième étages. 19 067$^{m.c}$,4 par heure.

Quatrième étage et amphithéâtre . . . 9 009$^{m.c}$,8 —

Total. . . . . 28 077$^{m.c}$,2 par heure,

au lieu de 51000 mètres cubes, qui avaient été regardés comme nécessaires et fixés par le marché de construction.

Les cheminées d'appel de l'air vicié de l'orchestre et du parterre n'étant pas chauffées et leurs registres étant fermés, cette partie de la salle n'était nullement ventilée. Quant à l'air nouveau, tous les orifices réguliers d'accès étant fermés, il n'en arrivait point par la prise d'air du Square, et celui qui remplaçait l'air vicié extrait était fourni par la scène, par les couloirs et par les autres ouvertures accidentelles.

Ces observations confirment celles de l'ingénieur chargé du service du contrôle et leurs résultats sont encore moins favorables que ceux qu'il a signalés dans ses rapports.

Volumes d'air entrant par les portes. — Le palier qui précède la porte du parterre n'ayant pas été muni de portes battantes placées au haut des deux escaliers qui y conduisent, comme nous l'avions demandé, dès le 2 décembre 1862, il se fait, par cette ouverture, qui est presque continuellement béante pendant les entr'actes, une rentrée d'air qui a été trouvée le 22 mai, égale à 10 081 mètres cubes quand les deux battants sont ouverts. La vitesse moyenne d'introduction était de $1^m,17$ et se faisait sentir d'une manière très-désagréable jusqu'au milieu de l'orchestre.

Il est nécessaire et facile d'ailleurs d'atténuer beaucoup cet inconvénient, en établissant des portes battantes au sommet des escaliers. On en verra la preuve quand je ferai connaître les observations recueillies au théâtre de la Gaîté.

Le même inconvénient se fait sentir à l'amphithéâtre du quatrième, où pendant les entr'actes, quand les portes, qui donnent sur le corridor communiquant avec le vestibule supérieur, sont ouvertes; il arrive par heure un volume d'air considérable, qui le 22 mai a été trouvé égal à 7351 mètres cubes par heure et par porte, ou de 14 702 mètres cubes pour les deux, avec une vitesse moyenne de $0^m,70$.

Si ce courant d'air, qui, le 22 mai, avait une température de 12° était alors gênant, l'on peut juger de la sensation qu'il doit faire éprouver aux spectateurs placés près de ces portes, quand, l'hiver, l'air extérieur est à $-8°$ ou $-10°$ et peut affluer dans la salle par le vestibule supérieur encore dépourvu de fenêtres, malgré la réclamation que nous avons adressée le 10 décembre 1862 à M. l'architecte.

Résultats des observations faites en mai 1863. — Les expériences que nous avons exécutées dans les derniers jours de mai 1863 ont eu pour objet de constater : 1° les volumes d'air nouveau introduit et d'air vicié extrait de la salle, lorsque les appareils, tels qu'ils ont été établis, fonctionnent d'une manière normale; 2° la marche des températures dans les diverses parties de la salle et de la scène.

Volumes d'air nouveau admis et d'air vicié extraits. — Je commencerai par l'examen des observations sur l'introduction et l'évacuation de l'air faites dans les soirées des 23, 24, 25, 26 et 30 mai, où les températures extérieures ont été :

DATES.	A 7 heures.	A minuit.	Moyennes.
	°	°	°
23 mai 1863....	17,05	11,50	14,25
24 —	16,00	10,05	13,25
25 —	13,50	9,00	11,25
26 —	16,00	10,05	13,25
30 —	23,00	19,00	21,00

Les résultats des expériences sont consignés dans le tableau suivant :

VOLUMES D'AIR NOUVEAU INTRODUIT ET D'AIR VICIÉ EXTRAIT PAR LES CONDUITS DU THÉATRE-LYRIQUE, PENDANT LES DERNIERS JOURS DU MOIS DE MAI 1863.

DATES et pièces jouées.	VOLUME d'air nouveau venant du square	DÉSIGNATION des places et des étages.	NOMBRE de places.	VOLUME D'AIR évacué par heure : total.	par place.	par spectateur présent.	VITESSES MOYENNES dans les conduits pendant : les actes.	les entr'actes.	RAPPORT de ces vitesses	CONSOMMATION de charbon par soirée : calorifères.	cheminées d'appel de l'orchestr.
	m.c.			m.c.	m.c.		m.	m.		kil.	kil.
23 mai, *Faust.* Températ. extérieure moyenne 14°,25.	15,439	1re, 2e, 3e.	736	23,391	31,78	1224	1 1,25	1 1,75	1,40	100	75
		4e.....	296	11,284	38,12	spectateurs.	2 1,26	2 1,57	1,27		
		Orch. Part.	440	18,956	43,06		3 1,20	3 1,43	1,19	1,25	
						m.c.	4 0,87	4 1,07	1,23		
			1472	53,631	36,43	43,41					
24 mai, *Richard, Obéron.* Tempér. extér. moyenne 13°,25.	18,433	1re, 2e, 3e.	736	27,455	37,30	950	1 1,33	1 1,92	1,44	»	125
		4e.....	296	15,349	51,85	spectateurs.	2 1,48	2 2,28	1,54		
		Orch. Part.	440	13,871	31,52		3 1,49	3 2,12	1,42	1,47	
						m.c.	4 1,02	4 1,53	1,49		
			1472	56,675	38,49	59,66					
25 mai, *Obéron.* Températ. extérieure moyenne 11°,25.	17,223	1re, 2e, 3e.	736	24,228	32,92	1185	1 1,34	1 2,00	1,49	»	200
		4e.....	296	14,340	48,44	spectateurs.	2 1,38	2 1,80	1,30		
		Orch. Part.	440	14,589	33,16		3 1,39	3 1,85	1,33	1,39	
						m.c.	4 0,95	4 1,36	1,43		
			1472	53,157	36,11	44,86					
26 mai, *Faust.* Températ. extérieure moyenne 13°,25.	14,623	1re, 2e, 3e.	736	24,218	32,90	1399	1 1,33	1 1,70	1,28	»	300
		4e.....	296	12,427	41,98	spectateurs.	2 1,45	2 1,85	1,28		
		Orch. Part.	440	17,073	38,80		3 1,23	3 1,72	1,40	1,35	
						m.c.	4 0,93	4 1,35	1,45		
			1472	53,718	32,75	38,39					
30 mai, *Faust.* Températ. extérieure moyenne 21°,00.	10,587	1re, 2e, 3e.	736	23,770	32,29	1361	1 1,29	1 1,82	1,41	»	300
		4e.....	296	16,276	54,98	spectateurs.	2 1,28	2 1,65	1,29		
		Orch. Part.	440	21,672	49,26		3 1,27	3 1,72	1,35	1,31	
						m.c.	4 0,96 1,70	4 1,21 2,12	1,27		
			1472	61,718	41,93	45,35					

Les vitesses marquées d'une * sont les moy. de celles qui ont été observées dans les conduits du 4e dont on avait enlevé les grilles.

Volumes d'air nouveau introduit par la prise d'air venant du Square. — Si nous réunissons les valeurs de ces volumes en les classant d'après l'ordre des températures moyennes extérieures, nous obtenons les résultats suivants :

DATES.	TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES à 7 heures.	à minuit.	moyennes.	VOLUMES d'air introduits.
	°	°	°	m.c.
25 mai 1863.....	13,5	9,0	11,25	17,223
26 —	16,0	10,5	13,25	16,366
24 —	16,0	10,5	13,25	18,433
23 —	17,0	11,5	14,25	15,439
30 —	23,0	19,0	21,00	10,587

Ce résumé montre que les volumes d'air introduits par le conduit du Square ont été bien inférieurs à ceux que nous avons obtenus en décembre 1862, alors que la température extérieure n'était que de 8°.

Malgré quelques irrégularités, provenant peut-être de causes accidentelles, l'on voit que le volume d'air nouveau appelé par la galerie d'introduction, qui s'élevait en décembre 1862 à 30 850 mètres cubes par heure, s'est graduellement abaissé à mesure que la température extérieure s'est élevée et est descendu à 10 587 mètres cubes par heure, le 30 mai, où la température extérieure moyenne a été de 21°, pendant la durée du spectacle.

Nous avions prévu cet effet de l'élévation de la température dès le commencement de nos recherches, et la commission chargée d'examiner les projets avait dans son programme prescrit (voir page 225, 2e vol., n° 542) de recourir pour l'introduction de l'air nouveau à « des ouvertures auxiliaires destinées à la ventilation d'été et ménagées, s'il est possible, sous les planchers des corridors à chaque étage de loges et prenant l'air à l'extérieur. »

La commission, par son président et par son rapporteur,

a vainement rappelé (le 7 novembre 1861) cette condition à M. l'architecte, et l'expérience vient aujourd'hui confirmer la nécessité qu'elle avait prévue de ces orifices auxiliaires.

Non-seulement il était, lors de la construction, très-possible de les ménager; mais cela l'est encore aujourd'hui, au moins en plusieurs points. Aussi n'hésitons-nous pas à réclamer de l'administration de la ville le retour à cette prescription par les moyens suivants :

1° Agrandissement du conduit d'air nouveau établi en dedans du mur de refend du cadre du rideau;

2° Ouverture de prises d'air extérieur communiquant avec le tympan du rideau, dans lequel serait pratiqués, vers l'intérieur de la salle, de nombreux orifices d'admission;

3° Ouvertures de conduits qui amènent l'air extérieur dans l'entrevoux de l'amphithéâtre ou dans le plafond de la salle en avant de cet étage de places;

4° Ouvertures de conduits analogues prenant l'air soit à l'extérieur, soit dans les cages d'escalier, pour l'amener dans les entrevoux des étages, où cela serait encore praticable.

Les résultats obtenus par des dispositions analogues au théâtre du Cirque, et que j'ai fait connaître au n° **572**, ne peuvent laisser de doute sur l'efficacité de ces dispositions, qui auraient dû être prises lors de la construction.

Inconvénients de l'insuffisance des arrivées d'air nouveau. — Le volume d'air vicié extrait par heure s'élevant, comme le montre le tableau précédent, à plus de 56 000 mètres cubes, tandis que celui de l'air régulièrement introduit dans la salle par les orifices disposés à cet effet peut s'abaisser à 10 587 mètres cubes; il s'ensuit que le complément d'air, nécessaire pour remplacer celui qui est évacué, arrive en très-grande partie par la scène et par quelques-uns des couloirs, comme je l'ai indiqué précédemment. Il en résulte, dans quelques

endroits de la salle, et en particulier à l'orchestre et au parterre, des inconvénients très-sensibles auxquels il importe de porter remède par les dispositions réclamées plus haut.

Volumes d'air vicié évacués. — Sous le rapport de l'extraction de l'air vicié, les expériences montrent que les dispositions adoptées et qui sont conformes au programme arrêté par la commission sont très-suffisantes pour assurer l'évacuation d'un volume supérieur à celui de 51 000 mètres cubes par heure qui avait été demandé.

L'on voit, en effet, que les résultats des expériences peuvent être résumés ainsi qu'il suit :

DATES.	VOLUMES d'air vicié évacués par heure.	VOLUMES D'AIR VICIÉ évacués par place (1472).	VOLUMES D'AIR VICIÉ évacués par spectateur présent.	NOMBRE de spectateurs présents.
	m.c.	m.c.	m.c.	
23 mai 1863...	53631	36,43	43,41	1224
24 — ...	56675	38,49	59,66	950
25 — ...	53157	36,11	44,86	1185
26 — ...	53718	32,75	38,39	1399
30 — ...	61718	41,93	45,35	1361

Effets comparatifs des cheminées latérales d'appel et de la cheminée de la coupole. — Si l'on relève séparément dans le tableau précédent les volumes d'air évacués par les deux cheminées latérales chauffées à la houille, qui produisent l'appel de l'air vicié au parterre qui vient déboucher par la cheminée de la coupole, on peut en former le tableau suivant :

DATES.	VENTILATION de l'orchestre et du parterre.		VENTILATION du 1er 2e 3e et 4e étage.	
	Volumes d'air évacués.	Consommation de houille.	Volumes d'air évacués.	Consommation de gaz
	m.c.	kil.	m.c.	m c.
23 mai 1863...	18956	75	34675	490
24 — ...	13871	125	42804	490
25 — ...	14589	200	38568	490
26 — ...	17073	300	36645	490
30 — ...	21672	300	40046	490
Moyennes.....	17232	200	38547	490

L'on remarquera d'abord que la direction du théâtre ayant complétement fait fermer les cheminées d'appel de l'orchestre et du parterre, supprimé les feux dans ces cheminées, cette partie du public a été privée des effets de la ventilation qui, pour toute la salle, ne s'élevait plus en moyenne qu'à 38 547 mètres cubes par heure, au lieu des 51 000 mètres cubes demandés, et encore aurait-il fallu pour obtenir ce résultat exercer une surveillance qui empêchât d'ouvrir les portes de la coupole.

Quoique la ventilation de l'orchestre, par les cheminées qui lui sont destinées, soit en grande partie l'effet de l'action naturelle des différences des températures extérieure et intérieure, l'on n'en voit pas moins qu'une très-faible consommation de charbon, de 300 kilogr. au plus et de 200kil,71 en moyenne par soirée, peut suffire pour lui donner une grande énergie, même dans des soirées très-chaudes, et bien que les cheminées et leurs foyers paraissent avoir des dimensions trop restreintes. L'on a peine à comprendre que, pour réaliser une si mince économie, un directeur de spectacle prive le public d'un renouvellement d'air qui peut s'élever à environ 40 mètres cubes par heure et par place de l'orchestre et du parterre.

L'on remarquera enfin que le chiffre maximum de 300 kil. de houille à consommer par heure dans les cheminées du

parterre est précisément celui que nous avions indiqué dans le marché passé avec le constructeur.

Quant à la ventilation des premier, deuxième, troisième et quatrième étages, qui est due en très-grande partie à la chaleur développée par le gaz d'éclairage, si les 390 mètres cubes de ce gaz, qui sont consommés par soirée, ne servaient qu'à la ventilation, comme ils coûteraient, à $0^{f},15$ le mètre cube, $58^{f},50$ par soirée, on conçoit que ce serait une ventilation un peu trop chère. Mais l'on pourrait, je crois, par de meilleures dispositions et en entourant les appareils d'éclairage d'enveloppes mieux closes, moins vastes et surtout beaucoup moins conductrices, obtenir des effets égaux, avec une dépense considérablement moindre.

Il convient d'ailleurs de faire remarquer, comme je l'ai indiqué au n° 522, qu'il y aurait, dans tous les cas, économie et grand avantage à faire aussi affluer dans les deux cheminées latérales, chauffées à la houille, l'air vicié des baignoires de la première galerie et des premières loges. Outre la diminution de dépenses qui résulterait de l'emploi de la houille, l'on y trouverait la facilité de donner au besoin, dans la saison des chaleurs, une plus grande activité à cette partie des appels, tandis que celle qui dépend de l'éclairage est à peu près constante ou ne peut être accrue que d'une manière dispendieuse. A cet effet, il serait nécessaire de donner à ces cheminées et à leurs foyers des dimensions supérieures à celles que nécessiterait le service d'hiver.

Influence des grilles qui offrent des passages trop restreints. — L'augmentation que l'on remarque dans le volume d'air vicié évacué le 30 mai, par rapport aux autres soirées, provient en partie de la suppression momentanée d'une partie des grilles, qui sont placées au bas des conduits d'évacuation de l'air du quatrième étage.

Ces grilles, qui offrent beaucoup trop de parties pleines et ne laissent qu'un passage libre très-inférieur à la section des conduits correspondants, nuisent beaucoup à l'évacuation.

Pour les expériences du 30 mai, j'ai fait enlever la moitié seulement de ces grilles, et les volumes d'air évacué par les conduits correspondants ont été, par cette simple modification, accrus immédiatement dans le rapport de 1 à 1,75 et à 1,80, sans qu'il en soit résulté aucune dépense.

L'on voit, par cet exemple, combien il importe de disposer les grilles, qui terminent tous les conduits, de manière qu'elles laissent, toutes les fois que cela sera possible, un passage libre égal ou même supérieur, à cause de la contraction, à la section de ces conduits ou qu'au moins ce passage ne soit pas inférieur aux 0,75 de cette section.

Vitesses d'évacuation de l'air vicié dans les conduits. — Dans le rapport de la Commission, nous n'avions compté pour ces conduits que sur une vitesse de $0^{m},90$ à $1^{m},00$, et les valeurs des vitesses observées, pendant les expériences de la fin de mai dernier, montrent que cette estimation a presque toujours été très-notablement dépassée, puisque, même pendant les actes, où la consommation du gaz est excessivement restreinte et ne s'élève parfois qu'à $51^{m.c},81$ par heure, au lieu de $167^{m.c},55$ qu'elle est pendant les entr'actes, la moyenne des vitesses d'évacuation observées a été :

Au 1er étage.....	$1^{m},31$
Au 2e étage.....	1 ,37
Au 3e étage.....	1 ,32
Au 4e étage.....	0 ,95

Variations d'intensité de l'éclairage pendant les actes et pendant les entr'actes. — Les effets scéniques exigent souvent que, pendant les actes, l'éclairage de la salle soit considérablement restreint, et l'économie engage encore plus les directeurs à exagérer cette réduction. Pendant les entr'actes, au contraire, l'une des distractions du public étant d'examiner l'intérieur de la salle, l'on donne à la lumière beaucoup plus d'éclat.

Ces différences très-sensibles étant produites par une consommation plus ou moins grande de gaz, j'ai dû chercher à en constater les effets sur l'activité de la ventilation, et d'abord

j'ai fait reconnaître les proportions des consommations de gaz pendant les actes et les entr'actes.

Les résultats de ces observations sont consignés dans le tableau suivant :

OBSERVATIONS SUR LES CONSOMMATIONS DU GAZ D'ÉCLAIRAGE DANS LA COUPOLE DU THÉATRE-LYRIQUE PENDANT LES ACTES ET PENDANT LES ENTR'ACTES.

DATES.	NUMÉROS des actes.	VOLUMES de gaz consommés par heure.	NUMÉROS des entr'actes.	VOLUMES de gaz consommés par heure.
		Pièce jouée : *Oberon.*		
		m.c.		m.c.
27 mai.....	1	68,88	1	120,60
	2	35,70	2	158.10
	3	34,80	3	168,0
29 mai.....	1	38,74	1	131,84
	2	26,51	2	180,00
	3	41,81	3	194,30
Moyennes.....	.....	44,41	.....	166,92

Rapport des consommations des entr'actes à celles des actes,

$$\frac{166,92}{44,41} = 3,76$$

Pièce jouée : *Faust.*

28 mai.....	1	63.33	1	158,25
	2	40,71	2	177,27
	3	52,85	3	144,70
	4	68,00	»	»
30 mai.....	2	32,00	2	224,70
	3	50,63	3	110,40
	4	72,80	»	»
Moyennes.....	.....	54,33	.....	163,06

Rapport des consommations des entr'actes à celles des actes,

$$\frac{136,06}{54,33} = 3,00$$

L'on voit par ces résultats que la consommation de gaz, pendant les entr'actes, excède celle qui se fait pendant les actes dans les rapports de 3,00 et de 3,75 à 1,00.

J'ajouterai que les mêmes observations ont montré que la consommation moyenne de gaz faite dans la coupole par heure avait été :

Le 27 mai de.....	$85^{mc},17$
Le 28.....	79 ,91
Le 29.....	90 ,58
Le 30.....	77 ,72
Moyenne.....	$83^{mc},34$

D'une autre part, des relevés qui m'ont été communiqués par la Compagnie générale d'éclairage de Paris constatent que du 1er au 26 mai, la consommation totale de gaz faite pour la coupole s'était élevée à 490 mètres cubes par jour ou 80 mètres à 90 cubes par heure, selon que l'allumage durait six ou cinq heures, ce qui se rapproche beaucoup de l'estimation précédente et de celle que j'ai admise au n° 598, et montre de nouveau que la direction de ce théâtre réduit la consommation de gaz à 0,30 environ de ce que peuvent fournir les appareils établis par la ville de Paris.

Influence des variations précédentes sur la ventilation. — L'on comprend facilement que des différences aussi considérables dans les consommations de gaz faites dans la coupole de ce théâtre doivent apporter dans la température qui s'y établit, et par suite dans l'énergie des appels exercés pour produire l'assainissement de la salle des divergences très-sensibles et nuisibles à la régularité des effets à obtenir.

C'est ce que constatent deux genres d'observations différents.

Pendant les expériences sur les volumes d'air évacués, nous avons à diverses reprises, pendant les actes et les entr'actes, observé la température qui s'établissait dans la cheminée d'évacuation et à laquelle l'énergie de l'appel était liée.

TEMPÉRATURES OBSERVÉES DANS LA CHEMINÉE GÉNÉRALE D'ÉVACUATION.

Expériences faites au Théâtre-Lyrique pendant le mois de mai.

DATES.													
24		25		26		27		28		29		30	
actes.	entr'actes.	actes.	entr'actes.	actes.	entr'actes.	actes.	entr'actes.	actes.	entr'actes.	actes.	entr'actes.	actes.	entr'actes.
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
42,5	67,0	37,0	59,8	37,5	57,0	37,0	58,0	44,0	64,0	40,0	64,0	48,0	67,0
39,5	59	38,5	58,0	37,0	»	37,0	62,0	46,0	»	49,0	»	»	54,0
43,0	»	36,0	58,0	34,5	»	»	65,0	44,0	»	30,6	»	»	»
»	»	46,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	45,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
41,7	63,0	38,5	58,6	36,3	57,0	37,0	61,6	44,6	64,0	39,9	64,0	48,0	60,5

Moyennes générales des températures dans la cheminée..... { pendant les actes.... 39,4 ; pendant les entr'actes 61,4 }

L'on voit par ces observations quelles différences énormes les variations de consommation du gaz introduisent dans les températures qui s'établissent dans la cheminée générale d'évacuation.

Aussi le tableau dans lequel sont consignés les résultats des observations sur les volumes d'air évacués, nous montre-t-il que le rapport des vitesses observées aux divers étages à la sortie des conduits pendant les entr'actes aux vitesses observées aux mêmes points pendant les actes a eu successivement les valeurs de :

1,25 — 1,47 — 1,39 — 1,35 — 1,31, ou en moyenne 1,35.

Ces résultats concourent à démontrer la nécessité de régulariser la consommation, en la renfermant dans des limites convenables, comme je l'ai indiqué au n° 557, c'est-à-dire en établissant à la base de la cheminée générale d'évacuation un

nombre de becs suffisants pour brûler pendant les actes le volume qui n'est pas nécessaire aux effets de la scène, de sorte que la consommation, totale soit à peu près constamment la même. De simples robinets à deux voies suffiraient pour assurer cette répartition alternative.

Il est d'autant plus important d'introduire cette modification dans les théâtres, ainsi éclairés, que, par suite de la disposition existante, c'est précisément pendant les actes, alors que le public est présent et que toutes les portes sont fermées, que la ventilation a le moins d'activité, tandis que ce serait le résultat inverse qu'il faudrait obtenir.

Observations des températures aux divers étages de places. — En même temps que l'on déterminait, avec l'anémomètre, la vitesse d'écoulement de l'air vicié évacué, l'on observait la température de cet air, à sa sortie des conduits ; des observateurs placés à l'orchestre et à d'autres étages faisaient des observations analogues.

Il convient de faire remarquer que, pour ces dernières observations, quand le thermomètre ne peut être éloigné à une certaine distance des personnes, ainsi que cela arrive à l'orchestre, lorsqu'il y a beaucoup de spectateurs et que cela a eu lieu dans les premières observations faites aux amphithéâtres des galeries, la chaleur émanée du corps humain élève notablement les indications, et que les températures ainsi déterminées sont toujours un peu supérieures aux températures réelles. Pour éviter ces inconvénients, il faudrait se servir de thermomètres dont le récipient fût entouré à distance par une enveloppe en argent poli ou placer, quand on le peut, le thermomètre à une distance notable des observateurs. Malheureusement, nous n'avions pas, lors de nos expériences, de thermomètre à enveloppe d'argent, et nous n'avons pu recourir au second moyen que pour les loges et les autres étages supérieurs. On devra donc regarder les températures observées à l'orchestre comme supérieures aux

températures réelles. C'est ce que confirme une observation directe faite au théâtre de la Gaîté.

Sauf cette remarque, la régularité des résultats obtenus suffit pour montrer que l'on a opéré avec le soin nécessaire.

Ils sont résumés pour les premier, deuxième, troisième et quatrième étages, dans le tableau suivant, où l'on a indiqué le nombre des observations faites pour chaque étage de places.

TEMPÉRATURE			1er ÉTAGE.			2e ÉTAGE.			3e ÉTAGE.			4e ÉTAGE.		
extérieure moyenne	dans la chemin. générale moyenne	à l'orchestre.	nombre d'orifices observés.	Températures moyennes	Limites extrêmes.	nombre d'orifices observés.	Températures moyennes	Limites extrêmes.	nombre d'orifices observés.	Températures moyennes	Limites extrêmes.	nombre d'orifices observés.	Températures moyennes	Limites extrêmes.
°	°	°		°	°		°	°		°	°		°	°
24 mai 1863. — Pièces jouées : *Richard, Oberon.* — 950 spectateurs.														
13,25	45,8	23,80	19	22,00	21 à 23,5	16	21,90	20,75 à 22,75	19	21,80	20,75 à 23,0	53	23,70	23 à 24,45
25 mai 1863. — Pièce jouée : *Oberon.* — 1185 spectateurs.														
11,25	44,7	22,30	23	20,63	20 à 21,5	26	20,77	19 à 23	24	20,77	19,5 à 22,5	54	21	19,5 à 22,5
26 mai 1863. — Pièce jouée : *Faust.* — 1399 spectateurs.														
13,25	41,50	23,55	21	21,98	20,25 à 22,75	22	22,28	20,50 à 23,50	21	22,02	20,25 à 23	54	22,46	20 à 24
27 mai 1863. — Pièce jouée : *Oberon.* — 971 spectateurs.														
15,50	46,16	24,32	20	23,87	22,25 à 25	22	23,44	21,75 à 24,75	21	23,97	21,75 à 24,50	27 2 fois.	24,02	22,25 à 25
28 mai 1863. — Pièce jouée : *Faust.* — 1147 spectateurs.														
17,00	49,25	25,30	21	24,42	21,50 à 25,75	26	24,15	21,75 à 25,50	22	24,05	21,75 à 25,50	27 2 fois.	24,81	22,50 à 26,50
29 mai 1863. — Pièces jouées : *Le Jardinier, Oberon.* — 1078 spectateurs.														
19,50	47,12	25,80	22	24,51	23 à 25,5	20	24,50	22,50 à 26	23	24,66	22,75 à 26	27 2 fois.	25,17	22,75 à 26,50
30 mai 1863. — Pièce jouée : *Faust.* — 1361 spectateurs.														
21,00	44,50	25,97	20	25,75	24,5 à 27,0	25	25,88	24,50 à 27	23	25,84	24,50 à 27,75	51	26,75	24,50 à 28

Conséquences des observations précédentes. — Ce tableau montre que, pour les sept jours consécutifs d'observations, où la température moyenne extérieure pendant la durée du spectacle a différé de 11°,25 (25 mai), à 21° (30 mai), le jeu de la ventilation a établi dans toutes les parties de la salle à tous les étages de places des températures peu différentes. Ainsi, l'excès de la température moyenne du quatrième étage sur la température du premier étage a été :

DATES.	TEMPÉRATURES.	DATES.	TEMPÉRATURES.
24 mai 1863...	1°,70	28 mai 1863...	0°,39
25 — ...	0 ,37	29 — ...	0 ,66
26 — ...	0 ,48	30 — ...	1 ,00
27 — ...	0 ,15	Moyenne	0°,69

tandis qu'à l'Opéra actuel cette différence s'élève, comme on l'a vu au n° 602, à 6 ou 7° pendant l'hiver, et qu'elle monte probablement plus haut en été.

Il est à remarquer que la température observée à l'orchestre a toujours été trouvée un peu supérieure à celle des premières loges et parfois même à celle du quatrième étage. Cette différence, très-variable d'ailleurs, doit être, comme je l'ai dit plus haut, attribuée, pour le cas de ces observations où la ventilation du parterre fonctionnait activement, à la proximité obligée du thermomètre et de l'observateur ou de ses voisins, ce qui a dû contribuer à élever un peu ses indications.

Régularité de la marche des températures. — Je ne puis reproduire ici tous les chiffres des observations qui ont été, chaque jour, faites successivement dans tous les conduits d'évacuation, ce qui donnait plus exactement que les observations faites aux places mêmes la température moyenne de l'air à chacun des étages correspondants ; mais pour montrer avec quelle régularité la température s'élevait graduellement, je citerai la série des observations faites le 25 mai au débouché

des orifices d'évacuation du quatrième étage pendant la représention d'*Oberon*.

1er acte, — de 7 h. 36 à 8 h. 10.

19,50 | 19,50 | 19,75 | 20,25 | 20,00 | 20,00 | 20,25 | 20,50 | 19,50
20,00 | 20,25 | 20,25 | 20,50 | 20,00 | 19,00 degrés.

1er entr'acte, — de 8 h. 10 à 8 h. 45.

20,50 | 20,25 | 20,75 | 21,00 | 20,25 | 20,75 | 20,75 | 20,50 | 21,50
22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,50 | 22,50 | 22,50 | 22,50 | 21,25
22,00 | 21,50 | 21,75 degrés.

2e acte, — de 8 h. 50 à 9 h. 30.

22,00 | 22,25 | 22,50 | 22,00 | 22,00 | 21,75 | 21,75 | 21,00 | 21,25
21,75 | 22,00 | 21,75 | 22,00 | 22,25 | 22,50 | 21,75
21,75 | 21,50 degrés.

Il convient de faire remarquer que des deux limites entre lesquelles la température a varié chaque jour et à chaque étage, la plus basse a toujours été prise au commencement du spectacle ou au plus tard au deuxième acte, tandis que la plus élevée n'a pas toujours été celle de la fin des observations.

Il arrive, en effet, qu'après un certain temps il s'établit une sorte d'équilibre entre la chaleur développée par les spectateurs et par les appareils d'éclairage et celle que l'air affluent acquiert et enlève, de sorte qu'à partir de neuf à dix heures la température atteint parfois à peu près son maximum et reste sensiblement stationnaire ou croît du moins fort peu. C'est ce que mettent très-bien en évidence les observations faites les 27, 28 et 29 mai, sur vingt-sept orifices d'évacuation du quatrième étage et qui ont été répétées deux fois, à des heures différentes, depuis huit heures environ jusqu'à la fin du spectacle. Je reproduis ici, pour le montrer, les températures moyennes observées d'intervalle en intervalle.

27 mai 1863.

	1er ENTR'ACTE.		2e ACTE.	2e ENTR'ACTE	3e ACTE.	3e ENTR'ACTE.		4e ACTE.
Heures...	8,20′	8,30′	9,20′	9,30′	10,5′	10,25′	10,50′	11,20′
Degrés....	23	23	24,18	24	24	24,28	25,10	24,36

28 mai 1863.

	1er ACTE.		2e ACTE.		2e ENTR'ACTE	3e ENTR'ACTE	4e ACTE.			
Heures....	8,5′	8,30	9,0′	9,20′	9,40′	11,0′	11,15′	11,36′	11,38′	11,45′
Degrés....	22,82	23,40	24,8	25,1	25,0	24,8	24,9	25,3	25,9	26,3

29 mai 1863.

Heures....	7,40′	7,50′	8,05′	10,40′	10,55′	11,10′
Degrés....	23,25	23,69	24,85	25,75	26,39	26,12

Excès de la température moyenne intérieure sur la température moyenne extérieure. — Si nous classons les résultats d'après le degré d'élévation des températures moyennes extérieures et que nous prenions dans le tableau général des expériences, les excès des températures moyennes intérieures du premier et du quatrième étage sur celles de l'air extérieur, nous pouvons former le tableau suivant :

DATES.	TEMPÉRATURES moyennes extérieures	1er ÉTAGE.		4e ÉTAGE.	
		Températures moyennes.	Excès de ces températures sur celle de l'air.	Températures moyennes.	Excès de ces températures sur celle de l'air.
24 mai 1863.	11°,25	20°.63	9°,38	21°,00	9°,75
25 —	13 ,25	22 ,00	8 ,75	23 ,70	10 .45
26 —	13 ,25	21 ,98	8 ,73	22 ,46	9 ,21
27 —	15 ,50	23 ,87	8 ,37	24 ,02	8 .52
28 —	17 ,00	24 ,42	7 ,42	24 ,81	7 ,81
29 —	19 ,50	24 ,51	5 ,01	25 ,17	5 ,67
30 —	21 ,00	25 ,75	4 ,75	26 ,75	5 ,75

Il est assez remarquable que l'excès de la température intérieure sur celle de l'air extérieur pendant ces soirées, où l'on ne chauffait pas, ait été en décroissant à mesure que la température extérieure s'élevait et que dans les deux jours les plus chauds qui peuvent être très-bien comparés à des soirées très-chaudes d'été, cet excès n'ait été que de 5° et 4°,75 aux premières loges, et de 5°,67 et 5°,75 au quatrième, tandis qu'à l'Opéra actuel il s'élève à 10 ou 12° aux premières et à 16 ou 20° aux quatrièmes, même quand les portes sont ouvertes.

Il ne saurait être douteux que, si l'admission de l'air nouveau avait été mieux disposée pour l'été, si l'on s'était surtout ménagé le moyen de la rendre, ainsi que l'évacuation, d'autant plus abondante qu'il aurait fait plus chaud, l'on aurait pu rapprocher encore davantage la température intérieure de celle de l'air extérieur, à laquelle d'ailleurs il ne faudrait pas songer à arriver, car cela serait dangereux.

Observation des températures de la scène. — Nous n'avons pas borné nos observations à la salle et nous les avons étendues, quant aux températures, à la scène, en les mesurant pendant des représentations entières et en divers endroits.

La ventilation de cette partie du théâtre est, au moins quant à la scène elle-même, suffisamment assurée la plupart du temps par les nombreuses ouvertures du plancher, qui établissent la communication avec les dessous. Pour éviter qu'il ne s'y produise des courants d'air, il suffit que tous les orifices d'accès soient fermés et munis de doubles portes battantes, dont le jeu dépend des services de la direction. — Mais il faudrait, en outre, que l'alimentation de la salle en air nouveau fût assez facilement assurée en toute saison, pour qu'elle n'exerçât pas, de la scène vers les étages de places, un appel qui pût déterminer dans cette scène des courants d'air incommodes, et j'ai déjà surabondamment signalé les inconvénients que présente, dans ce théâtre, l'omission des orifices auxiliaires pour la ventilation d'été.

Quoiqu'il en soit, la marche et le maintien des températures sur la scène du Théâtre-Lyrique, entre des limites moins écartées qu'à d'autres théâtres et réellement acceptables, sont constatés dans le tableau suivant, qui contient les résultats des observations faites les 27, 28, 29 et 30 mai, où la température extérieure a été respectivement :

au commencement du spectacle de . .	18°	20°	23°	et 23°
et à la fin, de.	13°	14°	16°	et 19°

OBSERVATIONS DE LA TEMPÉRATURE SUR LA SCÈNE

DU THÉATRE LYRIQUE.

HEURES	ACTES.	EMPLACEMENT.	TEMPÉRATURE.	OBSERVATIONS.
27 mai 1863. — *Oberon.* — Température extérieure moyenne, 15°,50; à 7 heures, 18°,00; à minuit, 13°,00.				
			°	
8 00	Entr'acte...	Près de l'escalier....	21,00	Therm. à alcool fixe.
8 50	»	Près du rideau.....	20,00	
8 50	»	Près de l'escalier....	22,75	
9 00	»	Sur un décor.....	22,75	
10 10	3e acte.....	Id.....	20.00	
»	»	Id.....	21,00	
»	»	Id	22,75	
»	»	Id.....	21,50	
»	»	Id.....	22,00	
»	»	Id.....	22,50	
10 30	»	Id.....	22,75	
		Moyenne.....	21,73	
28 mai. — *Faust.* — Température extérieure moyenne, 17°,00; à 7 heures, 20°,00; à minuit, 14°,00.				
			°	
»	avant le 1er acte.	Scène..	18,00	
35	1er acte....	Fond de la scène.....	22,50	
8„40	Id.....	Près du rideau.....	22,00	
	Id.....	Id.....	21,00	Therm. à alcool fixe.
10 20	3e acte.....	Milieu de la scène....	21,00	Le direct. se plaint
10 41	Id.....	Près du rideau.....	22,00	du froid.
10 47	Id.....	Id.....	23,00	Therm. à alcool.
10 49	Id.....	Id.....	22,00	
10 52	Id.....	Fond de la scène.....	23,00	
11 15	4e acte.....	Côté de la rivière....	22,00	
11 25	Id.....	Côté du square.....	22,50	
»	Tableau....	Au fond.....	22,50	
11 45	Id.....	Id.....	21,50	
		Moyenne.....	22,75	

Le thermomètre à alcool placé à demeure près du rideau est influencé tantôt par le bec de gaz voisin, s'il est allumé, tantôt par le passage de l'air contre le rideau.

SUITE DES OBSERVATIONS DE LA TEMPÉRATURE SUR LA SCÈNE DU THÉATRE LYRIQUE.

HEURES.	ACTES.	EMPLACEMENT.	TEMPÉRATURE.	OBSERVATIONS.
29 mai 1863. — *Oberon.* — Température extérieure moyenne, 19°,50; à 6 h. 30, 23°,00; à minuit, 16°,00.				
7 40	1er acte....	Côté du square.....	21°,50	Therm. à alcool fixe.
7 49	Id.....	Sur un décor.....	20.00	
»	Id.....	Côté du square.....	22.00	Id.
8 00	Entr'acte...	Côté de la rivière....	21.00	Id.
8 50	2e acte.....	Id.....	22.00	Id.
9 20	Id.....	Sur un décor.....	21,75	
9 30	Id.....	Au fond.....	23,00	
9 32	Id.....	Côté de la rivière.....	22.75	Id.
10 5	3e acte.....	Côté du square.....	22,00	Id.
10 19	Id.....	Sur un décor.....	22,50	
10 19	Id.....	Côté du square.....	23,50	Id.
10 40	Id.....	Sur un décor.....	23,00	
10 40	Id.....	Côté de la rivière....	22,50	Id.
11 13	4e acte.....	Côté du square.....	22,00	
11 20	Id.....	Id.....	22,25	
11 20	Id.....	Id.....	23,50	Id.
11 22	Id.....	Sur un décor.....	22,50	
		Moyenne.....	23,30	

Au commencement des observations, le régisseur du théâtre s'est plaint de l'élévation de la température qui était de 21°,5, et a ajouté qu'il faudrait obtenir 17 à 18° seulement; à ce moment même, celle de l'air extérieur était encore de 22 à 23°.

30 mai 1863. — *Faust.* — Température extérieure moyenne, 21°,00; à 6 h. 30, 23°,00; à minuit, 16°,00.

7 30	1er acte....	Côté de la rivière....	21°,50	Therm. à alcool fixe.
»	Id.....	Côté du square.....	21,50	
7 56	Id.....	Sur un décor.....	21,75	
9 10	2e acte....	Id.....	23,00	
9 20	Id.....	Id.....	21 50	
9 55	Id.....	Id.....	23,00	
9 55	Id.....	Côté de la rivière.....	23.00	Id.
»	Fin.....	Côté du square.....	23,00	Id.
10 50	3e acte.....	Id.....	23,00	
11 00	Id.....	Id.....	24,00	Id.
11 20	Id.....	Sur un décor.....	23.50	
11 25	Id.....	Id.....	24,00	Id.
		Moyenne.....	22,81	

A 10 h. 50 une porte ouverte, et communiquant avec une pièce dont les fenêtres l'étaient aussi, a donné lieu à un courant d'air.

A la fin du deuxième acte, vers 10 heures, la première cantatrice et le régisseur se sont plaints de l'élévation de la température qui était alors de 23°; celle de l'air extérieur était encore à ce moment de 21 à 22°.

Résumé. — Si nous comparons les températures extérieures à celles de la scène, nous pouvons résumer les résultats des observations précédentes dans le tableau suivant :

DATES.	TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES pendant les représentations			TEMPÉRATURES INTÉRIEURES de la scène			VARIATIONS des températures	
	au commencement à 7 heures.	à la fin à minuit.	Moyennes.	au commencement.	vers la fin.	Moyennes.	à l'extérieur	à la scène.
	°	°	°	h. ′ °	h. ′ °	°	°	″
27 mai.	18	13	15,50	8,41 21,00	10,30 22,73	21,75	5	1,75
28 mai.	20	14	17,00	8,35 22,05	11,45 21,50	22,75	6	0,25
29 mai.	23	16	19,50	7,40 21,05	11,22 22,50	23,30	7	1,80
30 mai.	23	19	21,00	7,30 21,50	11,25 24,00	22,81	4	2,50

L'on voit par ce résumé que, tandis qu'à l'extérieur les températures ont varié pendant la durée du spectacle de 4° à 7°, celles de la scène, toujours renfermées entre des limites convenables, n'ont varié dans le même intervalle que de 2°,5 au plus, et le jour le plus chaud. Il faut remarquer que ce même jour, où la température extérieure était au commencement du spectacle de 23° et à la fin de 19°, ou en moyenne de 21°, la température moyenne sur la scène a été de 22°,81, c'est-à-dire supérieure seulement de 1°,81 à la température extérieure moyenne et inférieure à celle de l'air extérieur au commencement du spectacle.

En présence de tous ces résultats d'observations, recueillis en grand nombre en divers endroits de la scène, et dont chacun pouvait vérifier l'exactitude, puisqu'ils ont été en partie relevés sur les thermomètres placés à demeure en certains endroits par la direction du théâtre, et en se rappelant que des observations bien antérieures, faites à l'Opéra, ont constaté que la température s'élevait parfois à 25° et à 26°, alors que la température extérieure n'était que de 17° (observations faites en 1862 à l'Opéra par M. Martin, secrétaire général), l'on a peine à comprendre que des personnes qui ont l'habitude de la scène et des artistes de talent se laissent, par des préventions irréfléchies, aller à formuler des plaintes comme celles qui ont été exprimées le 28 mai, où le directeur trouvait une température de 21°, trop basse à dix heures vingt minutes et le 30 mai, où la première cantatrice se disait incommodée par celle de 23°, alors qu'à la même heure celle de l'air extérieur était de 21° à 22°.

Les préventions, les jugements irréfléchis, les oppositions intéressées, dont nous venons de citer des exemples, se rencontrent malheureusement partout et sont la difficulté la plus réelle, on pourrait même dire la seule qui s'oppose au succès complet et permanent des tentatives faites pour assurer l'assainissement des lieux de réunion de quelque genre qu'ils soient. Le seul moyen de surmonter ces obstacles réside dans

une volonté ferme et dans la stricte observation de règlements bien faits. C'est à l'Administration qu'il appartient d'y pourvoir.

Expériences d'été exécutées en juin 1863, au théâtre de la Gaité.

Si le directeur de ce théâtre n'a pas établi le service des appareils de ventilation mis à sa disposition de manière à faire jouir le public des avantages qu'ils peuvent lui procurer, il ne se refuse pas à l'améliorer, et il s'est prêté de bonne grâce aux expériences que nous avons voulu faire pour constater les résultats que l'on peut obtenir, en faisant fonctionner convenablement ces appareils.

Dans l'état habituel du service, les orifices de prise d'air nouveau, établis au nombre de douze sur les deux murs longitudinaux qui limitent le théâtre, sont fermés l'été, comme l'hiver, et l'air ne peut affluer dans les conduits qui doivent le diriger vers les entrevoux des divers étages de loges que par les grilles qui recouvrent les trottoirs du passage des voitures de l'Empereur. Il en résulte qu'il n'arrive point d'air par les gaînes verticales que l'architecte avait eu la précaution d'établir à cet effet ; ce qui est encore plus fâcheux l'été que l'hiver, par suite de l'élévation de la température extérieure.

Quant à l'évacuation de l'air vicié, elle est réduite à celle que produit la chaleur des appareils d'éclairage dans la coupole, et l'appel de l'air à extraire de l'orchestre et du parterre est à peu près annulé par l'entrepreneur du chauffage, qui se dispense d'allumer les foyers d'appel, quoiqu'il en ait contracté l'obligation vis à vis du directeur.

Le service de la ventilation n'étant pas non plus surveillé avec le soin convenable dans ce théâtre, une partie considérable des effets que la chaleur des appareils d'éclairage pourrait produire y est perdue. Des fenêtres ouvrant à l'extérieur,

des portes donnant sur les ponts de la scène, laissent affluer sur les conduits d'évacuation, en tôle mince, non recouverts, des courants d'air froid, dont une partie est même appelée à l'intérieur de la coupole par les portes, qui sont constamment ouvertes, au lieu d'être fermées.

Pour constater les conséquences de toutes ces causes et de ces défauts de surveillance, j'ai commencé par faire déterminer les effets de ventilation obtenus dans l'état habituel du service le 16 et le 17 juin ; puis nous avons fait des observations analogues le 18 et le 19 juin, après avoir fait ouvrir toutes les prises d'air nouveau et allumer les foyers d'appel de l'air vicié de l'orchestre et du parterre.

Je reproduirai séparément les résultats de ces deux séries d'observations.

Répartition des places au théâtre de la Gaîté. — Cette répartition, avec laquelle les dispositions prises pour la ventilation doivent être mises en rapport, est faite de la manière suivante :

Rez-de-chaussée.	Loges d'avant-scène.....	20 places	541 places.
	Baignoires.....	57	
	Fauteuils d'orchestre....	172	
	Stalles d'orchestre.....	162	
	Parterre.....	130	
1er étage.....	Loges d'avant-scène.....	20	259
	1re galerie.....	166	
	Loges de 1re.....	73	
2e étage.....	Loges d'avant-scène.....	24	218
	Fauteuils de la 2e galerie	168	
	Amphithéâtre des 2des...	26	
3e étage.....	Stalles de la 3e galerie..	140	224
	Loges d'avant-scène.....	24	
	Amphithéâtre.....	60	
4e étage.....	Stalles du 4e.....	156	506
	Amphithéâtre du 4e.....	350	
	Total.....		1748 places.

au lieu du nombre de 1800 que l'on avait primitivement indiqué.

Les loges dites baignoires et les loges d'avant-scène du

rez-de-chaussée n'ayant pas de communication directe avec les conduits d'évacuation du rez-de-chaussée, ces conduits ne desservent en réalité que 464 places.

Insuffisance des prises d'air nouveau pour la saison d'été. — Au théâtre de la Gaîté, comme au Théâtre-Lyrique, on ne s'est pas ménagé, pour l'été, le secours de prises d'air auxiliaires, de sorte que, par suite de l'élévation de la température extérieure, dans cette saison, le volume d'air qui afflue par les entrevoux et qui, après avoir parcouru les gaînes descendantes, doit remonter dans de longs conduits verticaux, devient très-faible.

De plus, les orifices libres au débouché de ces entrevoux, ainsi que ceux qui sont pratiqués dans le cadre du rideau, sont beaucoup trop petits et restreignent le passage. Ici encore la décoration l'a emporté sur les besoins du service.

Il convient même d'ajouter que, contrairement au conseil que nous avons donné de faire affluer l'air nouveau dans des directions où les courants fluides ne puissent rencontrer les spectateurs, une partie des orifices des entrevoux débouchent au-dessus de la tête des personnes placées aux premiers rangs de certaines loges, ce qui peut devenir gênant, si l'air est trop frais.

Il serait donc nécessaire d'améliorer l'introduction de l'air dans cette salle, principalement pour le service d'été :

1° En ouvrant des prises d'air extérieur pour l'amener directement dans les entrevoux.

2° En disposant au-dessus du tympan du cadre du rideau une chambre à air qui serait alimentée l'été par des prises directes et pourrait l'être l'hiver par les chambres de mélange des calorifères.

3° D'augmenter le nombre ou la superficie des orifices des grillages placés au débouché des entrevoux des différents étages de loges.

VOLUMES D'AIR VICIÉ EXTRAITS DE LA SALLE DU THÉATRE DE LA GAITÉ PENDANT LES 16, 17, 18 ET 19 JUIN 1863.

DATES. Juin 1863.	DÉSIGNATION des places et des étages.	NOMBRE de places.	VOLUMES ÉVACUÉS PAR HEURE			CONSOMMATION de charbon.	TEMPÉRATURE moyenne extérieure.
			Total.	Par heure.	Par spectateur présent.		
			m.c.	m.c.		kil.	°
16	1er, 2e, 3e et 4e..	1,207	40,306	33,39	619		
	Rez-de-chaussée	1,541	5,481	10,13	spectateurs.		
		1,748	45,787	26,19	$73^{m.c},97$	»	20,65
17	1er, 2e, 3e et 4e.	1,207	40,736	33,75	665		
	Rez-de-chaussée	541	6,560	12,13	spectateurs.		
		1,748	47,296	27,05	$71^{m.c},12$	»	17,75
18	1er, 2e, 3e et 4e.	1,207	49,939	41,37	729		
	Rez-de-chaussée	541	13,765	25,44	spectateurs.		
		1,748	63,703	36,44	$87^{m.c},38$	66,5	19,4
19	1er, 2e, 3e et 4e.	1,207	51,077	42,32	958		
	Rez-de-chaussée	541	14,577	26,95	spectateurs.		
		1,748	65,654	37,56	$68^{m.c},53$	134,5	15,0

Conséquences des expériences du 16 *et du* 17 *juin*. — Les résultats consignés dans le tableau qui précède montrent que si la chaleur développée dans la coupole par les appareils d'éclairage, suffit pour déterminer des 1er, 2e, 3e et 4e étages de places de volumes d'air vicié qui se sont élevés le 16 juin à 40 306 mètres cubes, et le 17 juin à 40 736 mètres cubes par heure, ou en moyenne à 40 521 mètres cubes, ce qui correspond à $33^{m.c},57$ par heure et par place de ces étages, la ventilation des places du rez-de-chaussée comprenant l'orchestre, les baignoires, les loges inférieures d'avant-scène et le parterre, est tout à fait insuffisante, puisque le volume d'air vicié évacué par les conduits correspondants, ne s'est élevé qu'à 5481 mètres cubes le 16 juin et à 6560 mètres cubes le 17, soit en moyenne 6020 mètres cubes par heure, ou à $11^{m.c},12$ par heure et par place, pour les 541 places de cet étage, ou à $12^{m.c},98$ par place, en ne comptant que sur 464 places. Enfin le volume total d'air vicié extrait, ayant été en

moyenne de 46 541 mètres cubes par heure, il ne correspond qu'à un renouvellement de $27^{m\cdot c},05$ par heure et par place, au lieu de 30 mètres cubes qui était le minimum fixé par le marché.

On voit par ces résultats que le service n'est pas fait conformément aux traités passés avec le directeur, et qu'il y a lieu d'exiger l'exécution de ces traités.

Expériences exécutées en ouvrant tous les orifices de prise d'air et en allumant les foyers inférieurs d'appel. — Après ces expériences préliminaires, faites pour constater l'état habituel du service d'été, nous avons procédé à des observations sur les résultats qu'on peut obtenir, en faisant fonctionner régulièrement les appareils, tels qu'ils ont été établis.

Pour l'exécution de ces expériences nous n'avons modifié en rien la marche de l'éclairage et nous nous sommes contenté de faire noter les volumes de gaz consommés pendant un temps donné, mais nous avons fait allumer les deux foyers d'appel de l'air vicié du rez-de-chaussée et on a tenu compte des quantités de charbon consommé.

Les expériences ont été faites le 18 et le 19 juin, et les résultats obtenus sont aussi consignés à leur date dans le tableau précédent.

Conséquences des expériences du 18 *et du* 19 *Juin.* — On voit d'abord par les nombres consignés dans le tableau que les volumes d'air extraits des 1er, 2e, 3e et 4e étages de places ont été trouvés

Le 18 juin de $49939^{m\cdot c}$ par heure ou $41^{m\cdot c},37$ par heure et par place.
Le 19 — 51077 — — $42,32$ —

Moyenne de $50508^{m\cdot c}$ par heure ou $41^{m\cdot c},84$ par heure et par place.

Ce qui excède de $11^{m\ c},8$ en moyenne ou de 39 pour cent le volume exigé, et de 9987 mètres cubes ou de 25 pour cent le volume évacué le 16 et le 17 du même mois avec les consommations de gaz à peu près identiques.

Cette différence tient d'une part et principalement à ce

que le 18 et le 19 la température extérieure ayant été assez élevée, l'on n'a pas craint d'ouvrir les fenêtres placées dans le fond de la scène, ce qui, sans occasionner de courants d'air gênants pour les acteurs, parce que cet air affluait de loin et de haut, a facilité l'alimentation d'air nouveau et, par suite, l'extraction de l'air vicié.

Une seconde cause, moins influente, mais cependant sensible, de l'augmentation du volume d'air évacué aux 1er, 2e, 3e et 4e étages provient de l'allumage des foyers d'appel du rez-de-chaussée, qui faisait affluer dans la coupole de l'air à 40° et à 44°, en quantité plus que double de celle qui n'y arrivait le 16 et le 17 juin qu'à 33° ou 35°; ce qui contribuait à élever la température générale dans cette coupole, et par conséquent à en activer l'appel.

En résumé, par l'effet de ces deux causes réunies, le volume d'air extrait des 1er,2e, 3e et 4e étages de places a atteint en moyenne, pour chacun d'eux, des valeurs qui ont dépassé celui de 30 mètres cubes qui était exigé de 11m·c,8 ou de 39 pour cent.

Quant à la ventilation du rez-de-chaussée elle s'est élevée

Le 18 juin à 13765m·c par heure ou à 29m·c,66 par heure et par place.
Le 19 — 14577 — 31 ,41 —

Moyenne à 14161m·c par heure ou à 30m·c,52 par heure et par place.

Ce volume est trop faible, surtout si l'on comptait l'ensemble des places du rez-de-chaussée au nombre de 541, ce qui ne donnerait plus que 26m·c,18 par heure et par place; mais il convient d'ajouter que l'appel s'exerçant directement par les grilles placées sur les ouvertures ménagées dans le plancher, il agit bien plus efficacement sur les places de l'orchestre et du parterre que sur les loges de baignoires et d'avant-scène.

Quoiqu'il en soit de la répartition plus ou moins régulière de l'appel entre les diverses places du rez-de-chaussée, il me semble qu'il y aurait lieu d'une part d'assurer la libre communication du sol de toutes ces places avec les conduits d'ap-

pel inférieurs et de l'autre de remplacer les grilles, qui obstruent beaucoup trop les passages, par d'autres offrant moins de pleins et plus de vides. L'on a vu, par les expériences faites à l'amphithéâtre du Théâtre-Lyrique, combien la présence des grilles apporte d'obstacles à l'écoulement de l'air.

Répartition de l'évacuation d'air vicié entre les différents étages. — Si nous reprenons dans le tableau général des résultats des expériences les éléments d'une comparaison analogue à la précédente pour les différents autres étages de places, nous pouvons en déduire les chiffres suivants :

DÉSIGNATION des étages.	DATES Juin 1863.	VOLUME D'AIR ÉVACUÉ par étage.	VOLUME D'AIR ÉVACUÉ moyen.	NOMBRE de places.	VOLUMES d'air évacué par place et par heure.
		m.c.	m.c.		m.c.
1er étage...	18	10,445	9,898	259	38,21
	19	9,351			
2e étage...	18	10,680	12,377	218	56,77
	19	14,074			
3e étage...	18	11,644	10,990	224	49,08
	19	10,346			
4e étage...	18	17,170	17,232	506	34,07
	19	17,306			

On voit que, pour tous les étages de places, le volume d'air vicié évacué a dépassé très-notablement celui qui était exigé.

Je ferai cependant remarquer que, pour le 4e étage ordinairement appelé amphithéâtre, où les spectateurs sont souvent fort nombreux et serrés, le volume de 34 mètres cubes par heure et par place me paraît insuffisant et qu'il serait convenable de chercher à l'augmenter. Cela serait facile en augmentant le nombre des orifices d'évacuation.

Volume d'air maximum évacué par spectateur présent. — Toutes les places disponibles n'étant pas habituellement occupées, à beaucoup près, il arrive qu'à certains jours le

volume d'air évacué dépasse de beaucoup celui de 30 mètres cubes, qui a été prévu.

Ainsi le 18 juin le volume d'air total évacué ayant été de 63703 mètres cubes par heure, alors qu'il n'y avait que 729 spectateurs, cette ventilation correspondait à $87^{m \cdot c},38$ par heure et par spectateur. Le 19, le volume d'air total évacué ayant été de 65654 mètres cubes par heure et le nombre des spectateurs n'ayant été que de 958, cette ventilation correspondait à $68^{m \cdot c},53$ par heure et par spectateur.

Il y a plus, ce nombre de spectateurs étant inégalement réparti entre les différens étages, il en résulte que, quand la ventilation conserve toute son activité, les volumes d'air évacués par étage sont très-différents et excèdent, pour quelques-uns, ce qui serait réellement nécessaire.

Ainsi le 18 juin, par exemple, l'on a obtenu les résultats suivants :

	Rez-de-chaussée.	1er étage.	2e étage.	3e étage.	4e étage.	La salle entière.
	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.
Volumes d'air évacués.....	13765,0	10445,0	10680,0	11644,0	17170,0	63703,0
Nombre de spectateurs	244,0	214,0	86,0	53,0	132,0	729,0
Volume d'air évacués par heure et par spectateur.....	m.c. 56,4	m.c. 48,8	m.c. 121,2	m.c. 219,7	m.c. 130,7	m.c. 87,4

On voit donc qu'à certains jours la ventilation serait surabondante. Cependant comme elle est à peu près également répartie entre les places d'un même étage, il n'en résulte pour les spectateurs aucun inconvénient. Et comme malgré ce renouvellement très-considérable de l'air la température moyenne de l'air évacué a été

à l'orchestre de.....	$24^{0},6$	$25^{0},1$
au 1er étage de.....	24 ,1	
au 2e étage de.....	25 ,6	
au 3e étage de.....	24 ,0	
au 4e étage de.....	26 ,8	

tandis que celle de l'air extérieur a été

à 7^h,25 de.....	20^0,8
à minuit, de.....	18^0
ou en moyenne..	19^0,4

On voit que la température intérieure s'est encore maintenue à près de 6 degrés au-dessus de celle de l'air extérieur.

Conséquence pour la ventilation d'été. — Cette comparaison montre que, pour la ventilation d'été, l'on ne doit jamais manquer de prendre des dispositions aussi larges que possible pour faciliter le libre accès de l'air extérieur, afin de mieux utiliser la puissance de l'appel.

OBSERVATIONS DES TEMPÉRATURES.

DATES.	EXTÉRIEUR,		1er ÉTAGE.		2e ÉTAGE.		3e ÉTAGE.		4e ÉTAGE.		RES-DE-CHAUSSÉE.		NOMBRE de spectateurs.	VOLUME d'air évacué par spectateur en 1 heure
	Moyenne.	Limites des variations.	Moyenne.	Limites des variations.	Moyenne.	Limites des variations.	Moyenne.	Limites des variations.	Moyenne.	Limites des variations.	Moyenne.	Limites des variations.		
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°		m.c.
18 juin ..	19,4	20,8 à 18,0	24,1	24 à 24,25	25,6	25,25 à 25,7	24,25	23,5 à 25,0	26,8	24 à 28	24,6	23 à 25,25	729	87
19 juin ..	15,0	16 à 14	20,9	20,75 à 21	24,8	24,5 à 25,0	24,4	23,7 à 24,7	25,4	23 à 26,5	21,5	21 à 22	958	68

On voit que, par l'action de la ventilation, la température intérieure a pu être maintenue à tous les étages de loges à un degré modéré qui, à deux degrés près, a été sensiblement, le même à tous les étages le 18 juin, jour où la température moyenne extérieure était de 19°,4.

Le 23 juin, après que nous eûmes cessé les expériences, tous les orifices de prise d'air étant restés ouverts, mais les foyers d'appel de l'air vicié du rez-de-chaussée n'étant plus allumés, la ventilation a encore conservé par l'action de la coupole une assez notable activité pour que la température moyenne extérieure étant de 19°,5, celle du 4e étage de places n'ait pas dépassé 29 degrés. Il est vrai que les deux portes qui, de cet étage, communiquent avec les corridors étaient ouvertes. Il n'est pas inutile d'ajouter qu'à l'Opéra, le 24 juin, par une même température extérieure de 19°,5, la température d'une loge vide de l'amphithéâtre était à 9 heures de 34 degrés, toutes les portes et les fenêtres extérieures des couloirs étant ouvertes.

En résumé, on voit que, malgré l'absence des orifices d'introduction d'air pour la saison d'été, la température intérieure ne s'est pas élevée à beaucoup près au degré qu'elle atteint souvent dans cette saison à l'Opéra. Mais il n'en est pas moins nécessaire d'augmenter le nombre des orifices d'arrivée d'air, ainsi que de ceux d'évacuation de l'étage supérieur et du rez-de-chaussée, afin de s'assurer les moyens de s'opposer, dans les jours les plus chauds et de la plus plus grande affluence du public, à l'élévation des températures.

Température à la scène. — En même temps qu'on faisait des observations dans la salle, on notait aussi les températures qui s'établissaient sur la scène, afin de s'assurer qu'elles étaient renfermées dans des limites convenables.

Le 18 juin, jour où la température moyenne extérieure a été de 19°,4, celle de la scène était à 10h,15′ de 21°,6, et à 11h,30′ de 23 degrés; moyenne 22°,3.

Le 19 juin, jour où la température moyenne extérieure a été de 15 degrés, la température sur la scène était à $7^h,45'$ de $19^0,5$, à $11^h,20'$ de $20^0,5$ du côté du boulevard et de $21^0,25$ du côté de la rue Saint-Martin.

Enfin le 23 juin, jour où la température moyenne de la salle a été de $19^0,50$, celle de la scène à 11 heures était de $20^0,25$.

Observations sur la disposition de la coupole et des appareils d'éclairage. — La répartition des appareils d'éclairage sur deux circonférences concentriques et dans un lustre central, ne présente pas, comme au Théâtre-Lyrique, l'inconvénient de projeter sur les spectateurs placés à découvert dans les galeries ou sur le devant des loges une chaleur incommode. L'emploi d'un grand nombre de prismes doit occasionner une grande perte de lumière ; aussi peut-on remarquer, que dans ce théâtre, où la lumière réellement répandue a moins d'intensité que celle du Théâtre-Lyrique, on consomme plus de gaz d'éclairage que dans celui-ci. Mais au point de vue de la ventilation, les dispositions adoptées, quoique non irréprochables, sont préférables à celles du Théâtre-Lyrique.

La coupole y est beaucoup moins vaste et les appareils d'éclairage distribués sur la circonférence extérieure étant en communication directe avec les conduits d'évacuation de l'air vicié, ils déterminent dans ces conduits une élévation de température très-favorable aux appels.

Il est fâcheux que l'on n'ait pas utilisé de même la chaleur développée par les autres appareils désignés sous le nom de petites pénétrations, et qui sont répartis au nombre de 12 sur la circonférence intermédiaire. On en aurait aussi tiré un très-bon parti pour activer la ventilation, et l'on aurait pu ainsi, tout en obtenant l'évacuation du volume d'air exigé, diminuer la consommation du gaz. Le remède à cet inconvénient est facile à trouver.

Un autre défaut de l'ensemble de cette coupole, c'est que tous les conduits d'évacuation qui y débouchent sont en tôle

mince, non recouverts d'une matière peu conductrice. Il en résulte une déperdition de chaleur qu'accroît encore l'affluence de l'air extérieur par des fenêtres et des portes constamment ouvertes.

Malgré ces imperfections, la température de l'air dans l'intérieur de cette coupole s'est élevée à 32 degrés le 16 et le 17 juin, quand les calorifères d'appel n'étaient pas allumés, et à 36 et 38 degrés le 18 et le 19 juin, alors que ces calorifères faisaient affluer dans cette coupole l'air vicié extrait du parterre après l'avoir échauffé à 42 ou 44 degrés, ce qui contribuait à activer l'appel général.

Il serait à désirer que l'on remédiât aux défauts que je viens de signaler et on parviendrait ainsi à diminuer notablement le volume de gaz qu'il est aujourd'hui nécessaire de consommer pour assurer la ventilation; tandis qu'on pourrait en même temps, par quelques perfectionnements aux appareils d'éclairage eux-mêmes, obtenir pour la salle autant de lumière.

Consommation de charbon faite par les foyers d'appel du parterre. — Pendant les soirées du 18 et du 19 juin, où nous avons fait allumer les foyers d'appel de l'orchestre et du parterre, ce qui, en calculant sur 464 places, a déterminé le 18 l'évacuation de 13 765 mètres cubes d'air par heure ou $29^{m\cdot c},7$ par place, le 19 l'évacuation de 14 577 mètres cubes par heure ou $31^{m\cdot c},4$ par place, on a consommé le 18, $66^{kil},5$ en $4^{h},45'$, soit 14 kilogrammes par heure; le 19, $134^{kil},5$ en $6^{h},30'$, soit $21^{kil},5$ par heure.

Ainsi, en admettant la consommation maximum de 20 kilogrammes par heure pour une durée moyenne de 5 heures de feu, il faudrait à peine, pendant l'été, consommer 100 kilogrammes de houille, ou pour $4^{f},80$ de combustible, pour assurer une ventilation suffisante des places du parterre.

Or, comme la consommation de gaz faite dans la coupole, qui est habituellement, d'après les relevés fournis par la

compagnie générale d'éclairage, de 575 à 600 mètres cubes par soirée d'environ 5 heures, et qui a été

le 16 de.....	541$^{m.c}$	par heure.
le 17 de.....	545	—
le 18 de.....	538	—
le 19 de.....	590	—

(elle a été de 738 mètres cubes en $6^h,15'$) suffit réellement pour assurer aux 1^{er}, 2^e, 3^e et 4^e étages une évacuation de plus de 30 mètres cubes par heure et par place, il s'ensuit que c'est sans le savoir probablement que, pour la mince économie du salaire d'un chauffeur pendant la soirée seulement, et pour celle de $4^f,80$ de charbon, que la direction de ce théâtre ne satisfait pas à ses engagements. Je ne doute pas que, si le directeur s'était mieux rendu compte des résultats et des dépenses qu'ils exigent, il n'eût veillé plus activement sur la marche du service qu'il a confié à un entrepreneur qui n'est pas assez surveillé, mais pour lequel il est responsable vis à vis de l'administration de la ville de Paris.

Volume d'air nouveau affluent par les conduits inférieurs vers les entrevoux des étages et le cadre du rideau. — Dans le service habituel toutes les prises d'air ménagées dans les murs latéraux du théâtre et destinées à alimenter les gaînes verticales étant fermées, tandis que les registres, qui permettent l'accès de cet air dans la chambre de mélange et de là dans les entrevoux des étages de places et enfin dans la salle, n'étant qu'en partie et irrégulièrement ouverts, il en résulte que l'alimentation d'air nouveau ne se fait pas régulièrement et est réduite à un très-faible volume.

Je l'ai fait constater le 16 et le 17 juin 1863 par des expériences directes qui ont montré que, dans cet état du service, le 16 juin la vitesse d'introduction de l'air dans les conduits inférieurs d'introduction n'était que de $0^m,332$ en $1''$, et le volume d'air nouveau affluent de 3810 mètres cubes par heure, le 17 juin, la vitesse d'introduction de l'air dans les

conduits inférieurs n'était que de $0^m,502$ et le volume d'air nouveau introduit de 5760 mètres cubes par heure.

La différence, d'un jour à l'autre, tient à ce que le 16 la température extérieure était plus élevée que le 17, mais dans un cas comme dans l'autre, on voit que le volume d'air nouveau qui a pu s'introduire dans la salle n'a été au plus que le quart des 25 000 mètres cubes qui devaient être fournis. Cette énorme réduction provient uniquement du défaut de réglementation du service, comme le prouvent les expériences faites le 19 juin, pour lesquelles on a eu le soin de tenir ouverts tous les orifices et tous les registres ménagés pour l'introduction et la circulation de l'air et de fermer, au contraire, les ouvertures qu'on a, fort mal à propos, pratiquées dans les gaînes verticales, vis à vis des orifices extérieurs; ce qui permet à l'air de pénétrer sur la scène, au lieu de se diriger dans ces gaînes pour arriver aux entrevoux.

Par suite des précautions que nous avons prises et qui remettaient simplement les choses dans l'état où elles auraient dû être toujours, l'on a obtenu, sans aucune dépense, le 19 juin, l'introduction d'un volume d'air nouveau de 15 346 mètres cubes par heure avec une vitesse moyenne de passage de $0^m,992$ par seconde dans les conduits qui prennent leur origine sous les trottoirs du passage des voitures, et de $0^m,245$ seulement dans ceux qui sont alimentés par les gaînes verticales, dans lesquelles l'air éprouve des résistances, dont quelques-unes, sans doute, sont accidentelles.

Quoi qu'il en soit, cette expérience du 19 juin, en montrant combien il est nécessaire de maintenir toutes les arrivées d'air complétement ouvertes, constate l'insuffisance de celles qui existent et justifie l'insistance avec laquelle nous n'avons cessé de réclamer l'ouverture d'orifices auxiliaires d'introduction de l'air extérieur pour la saison d'été. Elle fait voir qu'il y a lieu dans ce théâtre, comme dans le Théâtre-Lyrique, de rechercher les dispositions à prendre pour pratiquer de semblables orifices dans les endroits où cela est encore possible. Je ne doute pas que l'on ne puisse, par des

dispositions convenables, parvenir à déterminer, pour cette saison, l'introduction directe d'un volume d'air à très-peu près égal à celui que l'on extrait, le surplus étant admis par les ouvertures accidentelles.

Observations sur les ouvertures pratiquées dans les gaînes verticales du côté de la scène. — Ces ouvertures anormales, qui empêchent, comme je viens de le dire, l'air extérieur de se rendre dans les gaînes, destinées à le conduire à la chambre de mélange et aux calorifères, sont non-seulement nuisibles à la marche de la ventilation, mais elles pourraient avoir, pour les acteurs, de graves inconvénients, dès que la température extérieure baisserait un peu, ainsi que cela arrive souvent l'été ; parce qu'elles détermineraient, sur la scène, une affluence d'air frais, qui dégénérerait parfois en courants dangereux ou au moins désagréables. Elles sont inutiles et si, dans la saison des chaleurs, elles offrent moins d'inconvénients en permettant l'arrivée directe de l'air sur la scène, et de là dans la salle, il vaudrait mieux les supprimer et percer dans les murs des fenêtres particulières, que l'on ouvrirait, quand on le jugerait convenable, ce qui ne nuirait pas à l'introduction de l'air par les gaînes.

Des courants d'air produits dans la salle par la ventilation.— Dans tous les théâtres actuels, où la ventilation ne se fait que par l'effet de la chaleur que développe le lustre, l'air vicié s'échappe, comme on le sait, par une cheminée centrale en planches, très-large, mal close, et aucune disposition n'est prise pour assurer une introduction régulière quelconque de l'air extérieur.

Bien que la ventilation soit fort insuffisante, puisqu'à l'Opéra même elle ne s'élève qu'à 30 000 mètres cubes pour 1753 places ou à $17^{m.c}$,11 par heure et par place, il n'en résulte pas moins partout, dès que l'on ouvre une porte ou seulement un vasistas, des courants d'air très-désagréables. Ainsi j'ai constaté, le 23 février 1863, que par l'ouverture d'un vasistas d'une loge de première, il entrait par heure

180 mètres cubes d'air, avec une vitesse voisine d'un mètre par seconde, ce qui est déjà très-incommode. Pendant les entr'actes, chacun sait quels courants d'air il se produit par les couloirs de l'orchestre, du parterre et de tous les étages de places.

En augmentant l'énergie des appels, en les répartissant aussi uniformément que possible à tous les étages et en portant à une proportion souvent égale ou supérieure au double les volumes d'air évacués, il a fallu assurer des moyens réguliers d'introduction qui ne fussent pas gênants pour les spectateurs. C'est ce que nous avons cherché à faire, en nous soumettant aux exigences d'une construction très-avancée, et l'on y serait cependant à très-peu près parvenu, si les architectes avaient voulu suivre plus complétement nos avis, comme je l'ai déjà fait voir en plusieurs occasions. Il est même encore possible d'améliorer beaucoup, sous ce rapport, le Théâtre-Lyrique et celui de la Gaîté.

Quoi qu'il en soit, comme il importe avant tout de constater les faits pour apporter aux défauts qui seraient reconnus le remède nécessaire, j'ai fait faire quelques observations, en diverses parties de la salle et de la scène, pour mesurer, s'il était possible, l'intensité des courants d'air qui s'y produisent à différents moments.

L'on a d'abord cherché à déterminer la vitesse de l'air qui afflue de la scène vers l'intérieur de la salle, quand la toile est levée, et en passant au-dessus de la tête des musiciens. Les seules parties où ce mouvement fût sensible étaient, d'après le chef d'orchestre, les deux espaces compris entre les extrémités de la rampe et les loges d'avant-scène. Un anémomètre, placé successivement des deux côtés et à $1^{m},50$ en avant, vers la scène, de la balustrade qui limite l'emplacement des stalles d'orchestre, a indiqué à droite une vitesse de $0^{m},46$ en $1''$ et à gauche une vitesse de $0^{m},50$. De semblables vitesses, à peine capables d'incliner à 45^{0} la flamme d'une bougie, sont éteintes à très-peu de distance et presque insensibles pour les organes. Pourvu que l'air ne soit pas

froid, ce qui est facile si la scène est convenablement close et chauffée, cela ne peut être regardé comme un courant d'air gênant; c'est d'ailleurs ce qui a été vérifié des deux côtés des premières places, aux stalles d'orchestre, le 25 juin, par un observateur spécial, qui n'a ressenti nulle part l'impression d'un courant.

De pareilles observations ont été faites le même jour à tous les étages de places, dans le voisinage des couloirs et des portes d'entrée, et, toutes les fois que les portes et doubles portes ont été fermées, aucun courant d'air désagréable ne s'est fait sentir. L'on a même remarqué que, la porte du parterre étant complétement ouverte, les deux portes battantes placées au bas de l'escalier suffisaient, par leur fermeture, pour empêcher de semblables courants de se produire.

Ces constatations faites avec soin prouvent qu'avec des précautions convenables et une surveillance facile à exercer, l'on peut, dans ce théâtre, pendant les représentations, éviter que l'énergie de l'appel ne détermine des arrivées d'air incommodes au public. Ce résultat serait d'ailleurs encore mieux obtenu si l'on augmentait, comme nous le demandons, le nombre et la grandeur des orifices d'admission de l'air nouveau.

Quant aux entr'actes, les choses se passeraient de même si les portes étaient fermées, mais comme, à ces moments, il y a un mouvement continuel d'entrées et de sorties, surtout par les couloirs, il est impossible d'éviter que, par ces passages, il ne se produise des courants d'une certaine intensité. J'ai indiqué les moyens d'atténuer cet inconvénient, qui se produit dans tous les théâtres; ils consistent dans l'emploi de doubles ou triples portes battantes, que l'on ne doit jamais tenir ouvertes, et, pour la saison d'hiver, dans l'introduction de l'air chaud dans les intervalles qui les séparent.

Pour les loges qui sont suffisamment ventilées par le jeu des appareils, il n'y a pas, comme dans les autres théâtres, de raison pour en ouvrir les portes pendant les entr'actes,

et dès lors on n'y est exposé à des courants d'air que quand on le veut bien.

Des moyens à prendre pour assurer le service du chauffage et de la ventilation dans le théâtre Lyrique et dans celui de la Gaîté. — L'on a pu voir par les faits que j'ai signalés dans les rapports sur les deux théâtres, combien il est nécessaire que l'autorité municipale intervienne énergiquement pour assurer le service des appareils de chauffage et de ventilation qu'elle a fait établir à grands frais, si elle ne veut pas que leur action continue à être complétement supprimée par les directeurs et rendue même plus nuisible qu'utile.

Deux moyens peuvent être proposés : l'un radical consiste à confier le service de ces appareils à un seul et même entrepreneur, responsable de sa marche envers l'administration et la direction du théâtre, soumis à un règlement fixant des conditions qui assurent la bonne marche de la ventilation et du chauffage, et à un contrôle exercé par des agents de l'administration. Les frais de l'abonnement fait avec ces entrepreneurs seraient à la charge de la direction du théâtre.

Dans ce système, l'on voit que l'entrepreneur, outre la surveillance directe de l'administration serait encore sous le contrôle indirect, mais intéressé à la bonne marche du service, de la direction du théâtre.

Le second moyen qui peut être employé se bornerait à imposer aux directeurs un règlement dans lequel seraient fixées les conditions du service, toujours sous le contrôle des agents de l'administration, et à statuer que toute infraction au règlement constatée par ce service donnerait lieu à une amende de police municipale déterminée à l'avance par le règlement.

Améliorations à introduire au théâtre de la Gaîté. — Quoiqu'il soit regrettable que les dispositions indiquées pour le Théâtre-Lyrique n'aient pas été plus complétement introduites dans celui de la Gaîté, il y a encore moyen d'améliorer beaucoup la ventilation dans ce dernier théâtre, surtout pour le service

d'été, époque à laquelle les introductions régulières d'air nouveau sont insuffisantes.

En ce qui concerne cette introduction, il faut :

1° Ménager par le tympan du cadre du rideau une abondante arrivée d'air pris au-dessus de la toiture. Les orifices libres devraient présenter au moins 4 à 5 mètres de surface;

2° Percer dans le plafond de la salle, entre les appareils d'éclairage appelés les grandes et les petites pénétrations, des orifices de 0m.60 à 0m.70 de diamètre, surmontés par des tuyaux en tôle de 0m.50 de diamètre, débouchant séparément au-dessus de la toiture;

3° A l'aide de ces dispositions, qui exigeraient peu de travaux et de dépenses, on pourrait, l'été, par la seule action de l'appel, introduire à volonté sans frais, loin des spectateurs et par heure, 20 à 25 mille mètres cubes d'air qui se répandraient dans la salle, en allant gagner les orifices d'évacuation;

4° Augmenter à tous les étages et au cadre du rideau la grandeur des orifices libres d'introduction de l'air, beaucoup trop restreints par les ornements.

Pour améliorer la sortie de l'air vicié, il faudrait :

1° Mettre les loges dites baignoires et celles d'avant-scène du rez-de-chaussée en communication avec les appels de cet étage de places;

2° Augmenter le nombre des orifices d'appel ouverts dans les gradins de l'amphithéâtre;

3° Rétablir le plancher qui isolait la coupole du reste du comble, en employant des matériaux peu combustibles, ou adopter quelque disposition analogue;

4° Entourer tous les conduits d'évacuation en tôle d'une matière peu conductrice, telle que l'enduit Pimont;

5° Assurer par des serrures la fermeture des portes et des fenêtres qui débouchent dans le comble et dans la coupole;

6° Rendre la consommation du gaz régulière et uniforme pendant les actes et les entr'actes, au moyen de robinets à deux voies;

7° Munir la cheminée générale d'évacuation de registres qui permettent de la fermer après le spectacle pendant les nuits froides;

8° Faire déboucher, dans les conduits d'évacuation les plus voisins, les gaz chauds provenant des appareils d'éclairage, appelés petites pénétrations.

Toutes ces modifications, faciles à exécuter et très-peu dispendieuses, contribueraient à produire une meilleure utilisation de la chaleur développée par le gaz consommé, et permettraient, à l'aide de perfectionnements dans les appareils d'éclairage, de diminuer très-notablement la consommation du gaz. Elles seraient donc à la fois utiles à la marche du service et dans l'intérêt de la direction du théâtre.

FIN DEUXIÈME VOLUME.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE DEUXIÈME VOLUME.

CHAPITRE VII.

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DES SALLES D'ÉCOLE ET DES CHAMBRES DE CASERNE.

Des salles d'école.

Nos — Pages.

399. Expériences sur la ventilation des salles d'écoles communales. . . 1
400. Résultats des expériences. 3
Expériences faites aux écoles communales de Grenelle. 4
401. Conséquences de ces expériences. 5

Des chambres de caserne.

402. Essais de ventilation des chambres de caserne, faits par le service du génie militaire. 6
403. Ventilation de chambres de caserne au moyen de cheminées pour l'évacuation de l'air vicié, sans orifices spéciaux pour l'introduction de l'air neuf. 7
Expériences de M. le capitaine du génie Rapatel à la caserne Bonaparte. 10
404. Conséquences des résultats consignés dans les tableaux précédents. 12
405. Deuxième groupe. — Ventilation des chambres au moyen de cheminées pour l'évacuation de l'air vicié, et de canaux spéciaux pour l'introduction de l'air neuf. 14
Expériences sur la ventilation des chambres de caserne 16
406. Conséquences des résultats consignés dans le tableau précédent. 20
407. Troisième groupe. — Ventilation des chambres au moyen de cheminées d'évacuation de l'air vicié, et de canaux spéciaux pour l'introduction de l'air nouveau. 21
Expériences sur la ventilation des chambres de caserne 22
408. Troisième groupe. — Conséquences des résultats consignés dans les tableaux précédents. 26
409. Quatrième groupe. — Ventilation des chambres au moyen de canaux spéciaux, tant pour l'évacuation de l'air vicié que pour l'introduction de l'air neuf, chauffé préalablement pendant l'hiver 27

Nos Pages.
Expériences sur la ventilation des chambres de caserne 29
410. Conséquences des résultats consignés dans les tableaux précédents, relatifs au quatrième groupe 31
411. Résumé général des résultats observés à la caserne Bonaparte. . 31
412. Observations recueillies pendant les expériences 33

CHAPITRE VIII.

DU VOLUME D'AIR NÉCESSAIRE A L'ASSAINISSEMENT DES LIEUX HABITÉS.

413. Du volume d'air nécessaire à la ventilation 35
414. Autres conditions spéciales 36
415. Conséquences des conditions précédentes 36
416. Indications fournies par M. Péclet et par divers auteurs 36
417. Résultats de diverses observations 38
418. Conséquences de cette discussion 42
419. Observation sur l'infection de l'air 43

CHAPITRE IX.

DES DIVERS SYSTÈMES DE CALORIFÈRES EMPLOYÉS DANS LES APPAREILS DE VENTILATION.

421. Des divers genres de chauffage 45
422. Des cheminées 45
423. Des poêles et des calorifères à air chaud 46
424. Observations sur des calorifères à air chaud établis à l'École polytechnique 48
425. Observations sur les résultats précédents 50
426. Bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord 51
427. Résultats observés à l'hôpital Beaujon 52
428. Résultats observés pendant le chauffage d'hiver à l'hôpital Beaujon 55
429. Chauffage du bâtiment des Archives de la guerre 56
430. Proportions des surfaces de chauffe des calorifères à air chaud. . 58
431. Inconvénients des calorifères à air chaud 59
432. Usage des fourneaux à coke 61
433. Relation du chauffage et de la ventilation 61
434. Moyens tirés des calorifères pour activer l'appel 62
435. Circulation de la chaleur au moyen de l'air 64
436. Chauffage des cheminées d'appel par circulation d'air chaud. . . 65
437. Du chauffage à la vapeur 68
438. Chauffage mixte à l'eau et à la vapeur 70
439. Chauffage par circulation d'eau chaude 72
440. Dispositif adopté par M. L. Duvoir-Leblanc 73
441. Dispositif employé par M. d'Hamelincourt 75
442. Avantages du chauffage par circulation d'eau chaude 77
443. Inconvénients reprochés au chauffage par circulation d'eau chaude 79
444. Prix du chauffage à l'eau chaude 81

Nos Pages.
445. Résumé. 82
446. Observations sur la vitesse de circulation de la chaleur dans les chauffages à l'eau chaude. 82
Expériences sur la marche de la circulation de la chaleur dans les appareils de chauffage à l'eau chaude du bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord. 85
447. Conséquences des résultats des expériences précédentes. 88
448. Causes diverses de ces différences. 89
449. Renversement de la circulation. 90
450. Diminution de température de l'eau pendant la circulation. . . . 91
451. Temps nécessaire pour une élévation donnée de la température. . 91
452. Uniformité générale des températures. 92
453. Chauffage par circulation d'eau chaude à haute pression. 93

CHAPITRE X.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES AUX DIFFÉRENTS ÉDIFICES.

Des hôpitaux.

455. De la capacité des salles. 98
456. Répartition de l'espace horizontal. 100
457. Dispositions générales des prises d'air nouveau. 101
458. Des orifices d'évacuation de l'air vicié. 103
459. Application à un système de ventilation par appel à niveau. . . . 104
460. Application à un autre dispositif d'appel à niveau. 108
461. Application à un système de ventilation par appel par en bas. . . 109
462. Application au système d'appel par en haut. 109
463. Application particulière aux petits hôpitaux et aux hôpitaux temporaires de campagne. 109

Des prisons.

464. Ventilation des prisons. 111

Des casernes.

465. Ventilation des casernes. 111

Des écoles et des salles d'asile.

466. Des écoles. 114
467. Des salles d'asile. 117

Des amphithéâtres.

468. Ventilation des amphithéâtres. 118
469. Application des règles précédentes aux amphithéâtres du Conservatoire des arts et métiers. 122

Nos Pages.
470. Ventilation des amphithéâtres du Conservatoire des arts et métiers 123
471. Chauffage et arrivée de l'air nouveau. 125
472. De la température qu'il convient de maintenir dans un amphithéâtre. 128
473. Dispositions prises pour l'arrivée de l'air nouveau. 129
474. Résultats d'observation. 129
475. Volumes d'air vicié évacués par heure et par auditeur. 132
476. Expérience du 22 février 1863. 136
477. Expérience sur l'accroissement que l'on peut donner à la ventilation 137
478. Observation sur les avantages des dispositions employées, au point de vue de la salubrité du chauffage 138
479. Volume d'air évacué par kilogramme de charbon brûlé, et dépense générale. 139
480. Quantité de chaleur utilisée pour la ventilation par kilogramme de houille brûlée. 140
481. Dépense occasionnée par la ventilation. 141

Des salles d'assemblée.

483. Observation sur la disposition de la ventilation dans la Chambre actuelle des Députés. 143
484. Palais du Sénat. 143

Des églises.

485. Ventilation des églises. 155

Du chauffage et de la ventilation des salles de spectacle.

487. Indépendance et solidarité du chauffage et de la ventilation. . . 150
488. Le chauffage précède la ventilation. 150
489. Chauffage pendant la présence du public. 151
490. Introduction de l'air pendant l'été. 152
491. Du volume d'air nécessaire à la ventilation des salles de spectacle. 153
492. Observations sur l'influence des spectateurs sur la température. 153
493. Résultats de l'observation. 157
494. Des conditions générales du chauffage des salles de spectacle. . . 157
495. Marche à suivre après l'entrée du public. 159
496. Nécessité de faire cesser la ventilation après la sortie du public pendant l'hiver. 160
497. Du choix des appareils de chauffage. 161
498. 1° Chauffage par circulation d'eau ou par l'emploi combiné de la vapeur et de l'eau. 162
499. 2° Chauffage à la vapeur. 163
500. 3° Calorifères à air chaud. 164

Ventilation. — Modes divers d'admission de l'air dans la salle.

501. Prise d'air extérieur. 166

Nos Pages.
502. Admission de l'air par la scène. 167
503. Arrivée de l'air frais par le plafond de la salle 170
504. Admission de l'air par les planchers du parterre et des loges. . . 172
505. Admission de l'air par le fond des loges. 172
506. Admission de l'air chaud par le fond des loges. 172
Expériences sur l'introduction de l'air par le fond d'une loge, faites à la bibliothèque du Conservatoire des arts et métiers. . 175
507. Conséquences 176
508. Expériences sur l'introduction de l'air froid par le fond des loges. 177
Expériences du 29 décembre 1860. 179
509. Conséquences des expériences précédentes. 179
510. Admission de l'air par un double fond ménagé sous les loges. . . 181
511. Expériences sur l'introduction de l'air froid par un double fond de loge. 186
512. Expérience sur l'aspiration de l'air par le double fond du même appareil. 187
513. Expériences faites, avec un modèle de loge, sur les effets de l'introduction de l'air froid par un double fond de loge débouchant dans la salle. 189
514. Expériences sur l'aspiration de l'air par le fond des loges. 191
515. Conséquences des expériences précédentes. 191
516. Introduction de l'air par insufflation, au moyen de ventilateurs, à la partie supérieure de la salle. 192
517. Conséquences de ce qui précède. 192
518. Disposition générale des conduits d'air nouveau. 193
519. Établissement d'un passage d'air extérieur au-dessus des foyers. 195
520. Disposition à prendre pour éviter l'effet de la chaleur produite par les lustres de ces foyers. 196
521. Inconvénients de l'ouverture des portes des loges et des passages dans les théâtres. 196
522. Cheminées communes d'appel. 198
523. Observation sur la progression des vitesses dans les divers conduits. 199
524. Orifices d'extraction. 199
525. Dispositions pour l'appel de l'air au parquet et au parterre. . . . 200
526. Premières galeries. 201
527. Disposition pour l'appel de l'air des loges. 201
528. Emploi des effets naturels produits par la chaleur pour déterminer l'appel de l'air. 202
529. Solutions nouvelles proposées pour l'éclairage. 206
530. Expérience sur les effets lumineux des lustres enveloppés. 206
531. Nécessité et moyens de limiter l'appel d'air fait par le lustre. — Expériences. 211
532. Proportions à donner au tuyau d'évacuation des gaz d'un lustre. 212
533. Utilisation des appareils d'éclairage des loges et des corridors. . . 215
534. Emploi de becs de gaz auxiliaires pour activer les appels. 216
535. Éclairage de la rampe. 216
536. Expériences photométriques faites le 25 janvier 1861, au Conservatoire des arts et métiers. 218
537. Conséquences des expériences précédentes. 220
538. Éclairage de la scène par une rampe placée au-dessous du plancher 220
539. Observation sur les précautions à prendre dans la construction. . 221

Nos Pages.
541. Dispositions à prendre pour assurer et régler le service du chauffage et de la ventilation. 222
542. Programmes adoptés pour la rédaction des nouveaux projets. . . 223
Programme pour le chauffage et la ventilation du Théâtre-Lyrique. 223
Programme pour le chauffage et la ventilation du théâtre du Cirque. 224
543. Dispositions exécutées au Théâtre-Lyrique. — Soubassement ou sous-sol. 226
544. Rez-de-chaussée. 227
545. Entresol, orchestre et parterre. — Arrivée de l'air. 228
546. Évacuation de l'air. 230
547. Premier étage. — Arrivée de l'air. 231
548. Évacuation de l'air. 233
549. Deuxième étage. — Arrivée de l'air. 233
550. Évacuation de l'air. 234
Troisième étage. — Arrivée de l'air. 235
551. Évacuation de l'air. 235
Quatrième étage. — Arrivée de l'air. 235
552. Évacuation de l'air. 236
553. Des moyens d'appel. 239
554. Observations sur la description précédente. 240
555. Effets des prises d'air directes, observés au théâtre du Cirque. . . 240
556. Conséquences des observations précédentes. 241
557. Observation relative à l'éclairage et à son influence sur l'évacuation de l'air vicié. 242
558. Dispositions à prendre pour éviter le refroidissement de la salle dans les journées d'hiver. 243
559. Effets généraux de la ventilation. 246
560. Observations sur le mouvement général de l'air dans la salle du Théâtre-Lyrique. 247
561. Résultats d'expériences. 249
562. Observation des températures. 252
563. Conclusion des expériences précédentes. 254
564. Observation continue des températures intérieures de la salle. . . 255
565. Conclusion générale des expériences précédentes. 258
566. Utilisation de la chaleur développée par le gaz brûlé dans la coupole, au profit de la ventilation. 259

Théâtre de la Gaîté.

567. Disposition des appareils. 260
Prises d'air. 261
568. Observation relative aux orifices d'introduction de l'air pour la saison d'été. 263
569. Résultats d'expériences. 263
570. Introduction de l'air nouveau. 264
571. Évacuation de l'air vicié. 264
572. Conclusions de ces expériences. 265
573. Observation des températures. 266
574. Utilisation de la chaleur développée par les gaz de la coupole, au profit de la ventilation. 266
575. Conclusions 268

Théâtre du Cirque.

Nos		Pages.
577.	Résultats d'expériences	270
578.	Introduction de l'air nouveau	271
579.	Utilité des communications directes des entrevoux avec l'air extérieur	272
580	Évacuation de l'air	272
581.	Résultats d'expériences	273
582.	Observations de température, faites le 2, le 3 et le 9 mars 1863	275
583.	Conséquences des observations précédentes	277
584.	Inconvénients et conséquences de l'insuffisance des passages de l'air nouveau	278
585.	Effet de l'omission d'une cheminée d'évacuation spéciale pour la scène	278
586.	Observations sur l'éclairage	280
587.	Conséquences générales des expériences sur la ventilation des nouveaux théâtres	281
588.	Observation sur les consommations de gaz réellement faites dans les nouveaux théâtres	282
589.	Avantages et inconvénients de l'éclairage par un plafond vitré.	284
590.	Comparaison des températures observées dans les anciens et dans les nouveaux théâtres	285
591.	Température de la scène	286
592.	Observations faites en 1863. — Théâtre de l'Opéra	287
	Salle	288
	Scène	288
593.	Volume d'air vicié évacué	289
	Expériences sur l'évacuation de l'air par la rosace du lustre, à l'Opéra	290
594.	Conséquences des observations précédentes	291
	Rentrées d'air	291
595.	Observations faites au Théâtre-Italien	291

Habitations particulières.

597.	De l'influence des bouches de chaleur sur la ventilation	293
598.	Influence de l'appel naturel que les cheminées peuvent exercer.	294
599.	Des moyens auxiliaires pour activer l'appel	295
600.	Conduits d'évacuation ménagés dans les trumeaux	297
601.	Application de dispositions analogues aux ateliers éclairés au gaz.	297
602.	Proportion des appareils	297
603.	Introduction de l'air nouveau	298
604.	Évacuation de l'air chauffé et altéré par les lustres	299
605.	Dispositions à prendre pour la ventilation des pièces de réception.	300
606.	Dispositions permanentes	300
607.	Bases et proportions pour les grands salons de réception, et application à la salle des Maréchaux, du palais des Tuileries	301

Des ateliers.

609.	Ateliers éclairés au gaz	306
610.	Mesures de police municipale à prendre pour les ateliers	306

Nos Pages.
611. Cas où il se forme des vapeurs abondantes. 307
612. Introduction de l'air nouveau. 307
613. Accroissement de dépense causé par la ventilation. 308
614. Enlèvement des poussières répandues dans les ateliers. 308

Ventilation des lieux d'aisances.

616. Application des indications précédentes au bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord. 314
617. Résultats d'expériences. 316
618. Conséquences de ces expériences. 318
619. Lieux d'aisances du bâtiment *b* de l'hôpital militaire de Vincennes. 318

Des écuries et des étables.

621. Influence sur les animaux en santé. 322
622. Observation relative au tondage des chevaux. 329
623. Observations recueillies à Denain. 330
624. Observations faites dans les écuries de la Compagnie générale des Omnibus. 331
625. Conséquences des résultats précédents. 334
626. Observations sur le degré d'hygrométricité de l'air. 335
627. Conséquences générales des expériences sur les écuries 337

NOTES.

Note A.

Dispositions proposées pour les écoles.

Projet de M. d'Hamelincourt pour la ventilation des écoles et des salles d'asile. 339
Projet de M. Guérin, ingénieur de la maison L. Duvoir-Leblanc. . 342
Application aux salles de catéchisme des églises. 344

Note B.

Dispositif pour mettre les cheminées d'évacuation à l'abri de l'action du vent. 345

Note C.

Expériences faites au Théâtre-Lyrique en mai 1863.

Rectification des données admises précédemment pour le nombre des places. 351
Observations préalables. 352
Volumes d'air entrant par les portes. 353

Pages.
Résultats des observations faites en mai 1863. 353
Volumes d'air nouveau admis et d'air vicié extrait. 354
Volume d'air nouveau introduit par la prise d'air venant du square. 356
Inconvénients de l'insuffisance des arrivées d'air nouveau. 357
Volume d'air vicié évacué. 358
Effets comparatifs des cheminées latérales d'appel et de la cheminée de la coupole. 358
Influence des grilles qui offrent des passages trop restreints. . . . 360
Vitesses d'évacuation de l'air vicié dans les conduits. 361
Variations d'intensité de l'éclairage pendant les actes et pendant les entr'actes. 361
Influence des variations précédentes sur la ventilation. 363
Observations des températures aux divers étages de places. 365
Conséquences des observations précédentes. 368
Régularité de la marche des températures 368
Excès de la température moyenne intérieure sur la température moyenne extérieure. 371
Observation des températures de la scène. 372
Résumé 375

Expériences d'été exécutées en juin 1863 *au théâtre de la Gaîté*.. 377

Répartition des places au théâtre de la Gaîté. 378
Insuffisance des prises d'air nouveau pour la saison d'été. 379
Volumes d'air vicié extraits de la salle du théâtre de la Gaîté pendant les 15, 16, 17, 18 et 19 juin 1863. 380
Conséquences des expériences précédentes. 380
Expériences exécutées en ouvrant tous les orifices de prise d'air et en allumant les foyers inférieurs d'appel. 381
Conséquences des expériences du 18 et du 19 juin. 381
Répartition de l'évacuation d'air vicié entre les différents étages. 383
Volume d'air maximum évacué par spectateur présent.. 383
Conséquence pour la ventilation d'été. 385
Température à la scène 387
Observation sur la disposition de la coupole et des appareils d'éclairage 388
Consommation de charbon faite par les foyers d'appel du parterre. 389
Volume d'air nouveau affluant par les conduits inférieurs vers les entrevoux des étages et le cadre du rideau. 390
Observations sur les ouvertures pratiquées dans les gaînes verticales du côté de la scène. 392
Des courants d'air produits par la ventilation. 392
Des moyens à prendre pour assurer le service du chauffage et de la ventilation dans le Théâtre-Lyrique et dans celui de la Gaîté. 395
Améliorations à introduire au théâtre de la Gaîté. 395

FIN DE LA TABLE DU DEUXIÈME VOLUME.

PARIS. — IMPRIMERIE DE CH. LAHURE
Rue de Fleurus, 9

Fig. 4 Coupe sur la ligne de l'Hôtel-Dieu

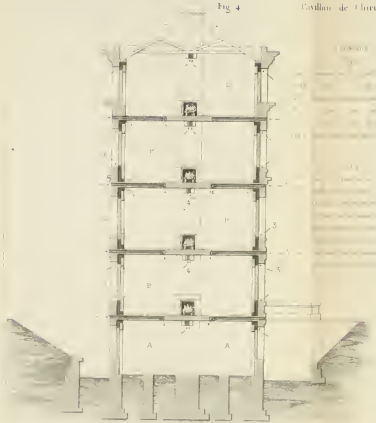


Fig. 2 Coupe sur la ligne de l'Hôtel-Dieu

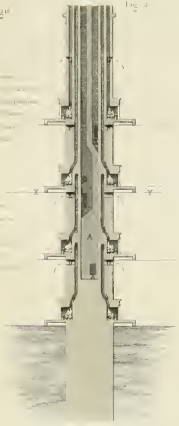


Fig. 1 Plan du premier étage de l'Hôtel-Dieu

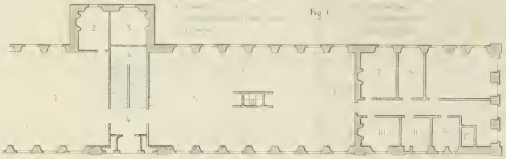
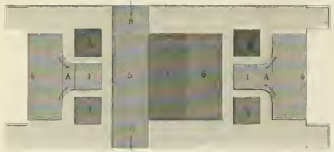
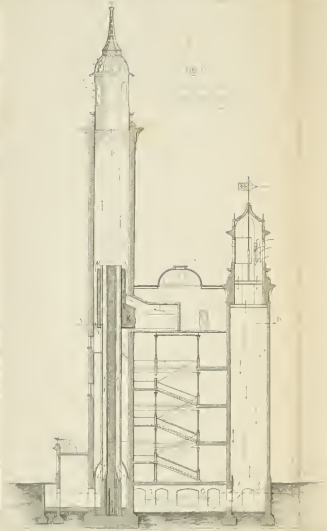
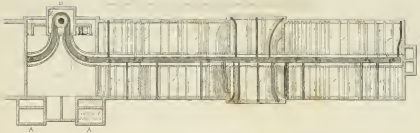
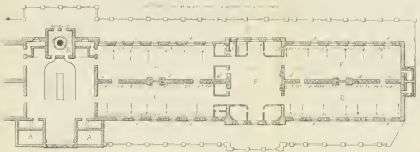


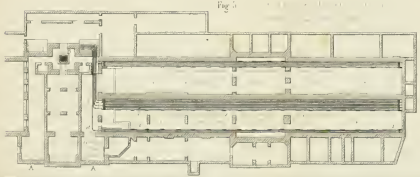
Fig. 3 Plan du rez-de-chaussée de l'Hôtel-Dieu

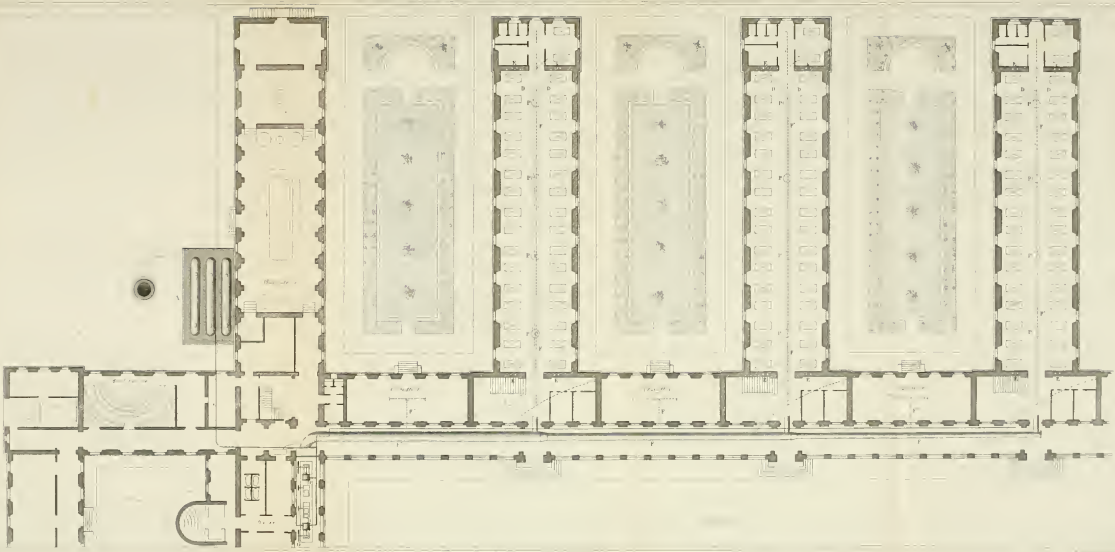


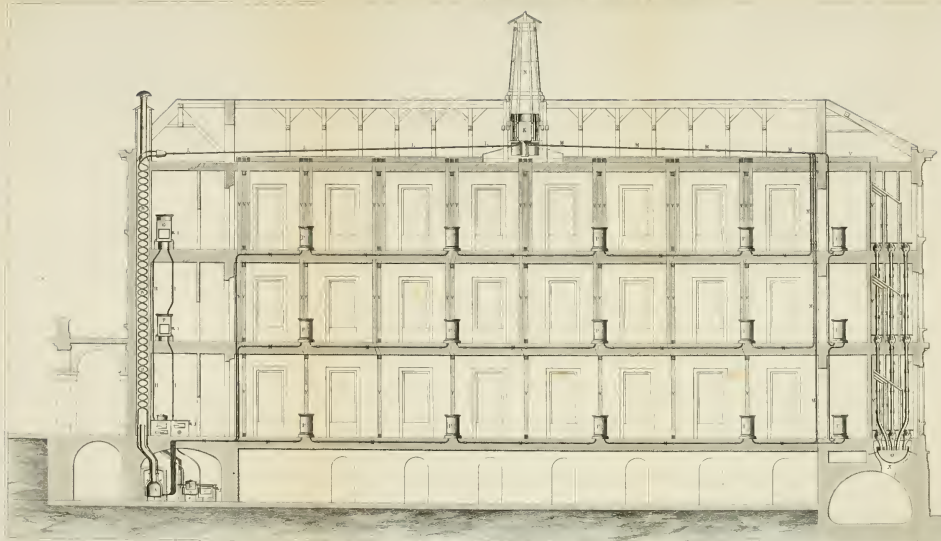


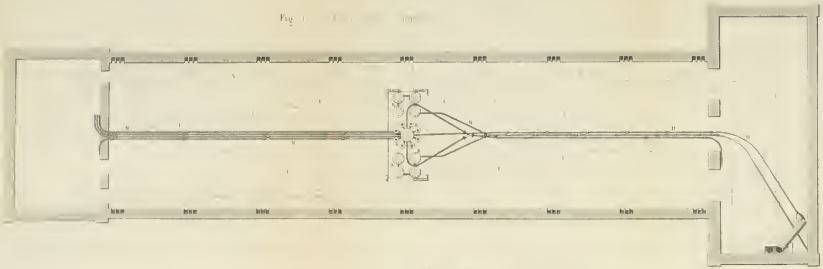
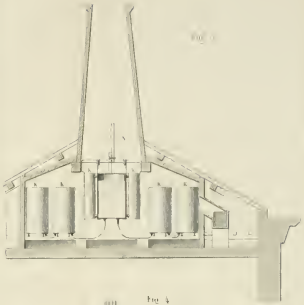
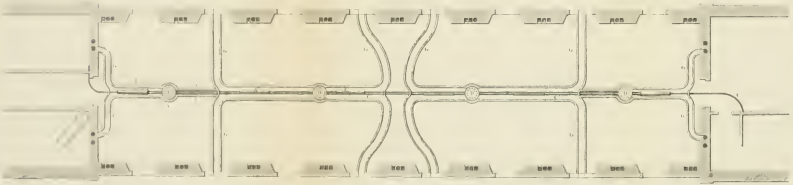
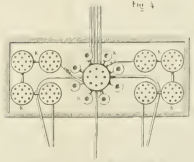
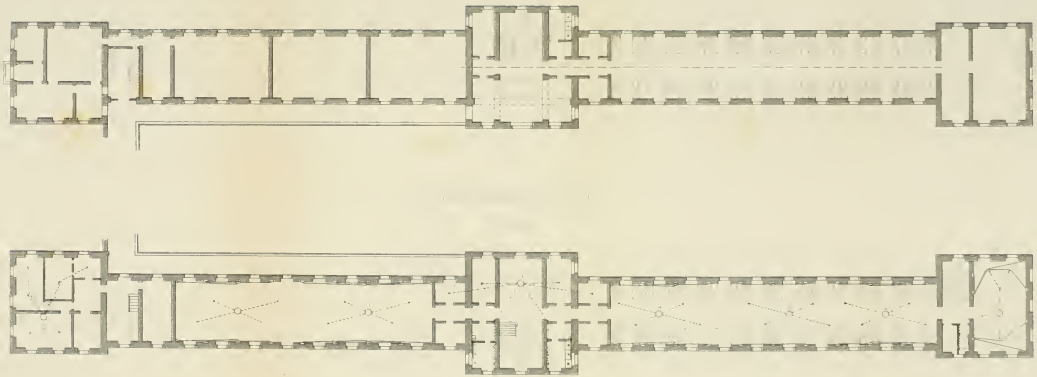
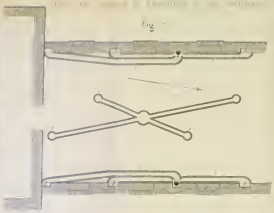
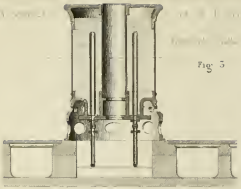
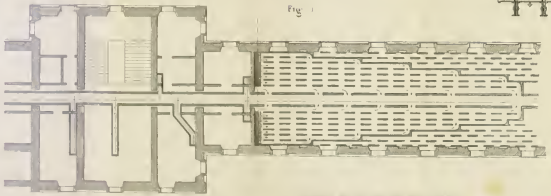
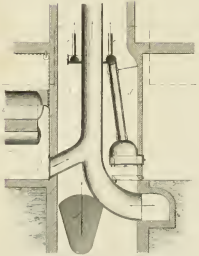
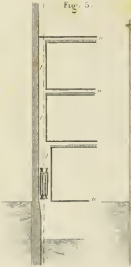
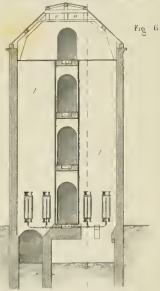
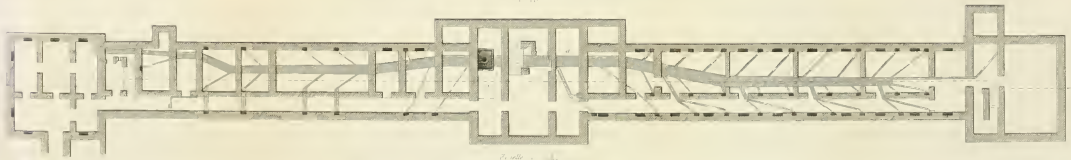
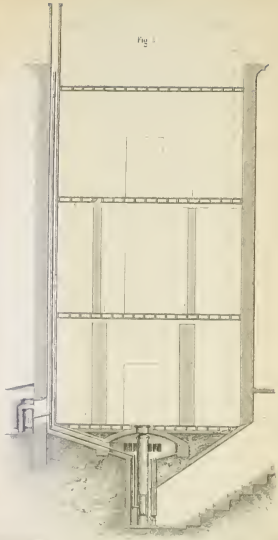
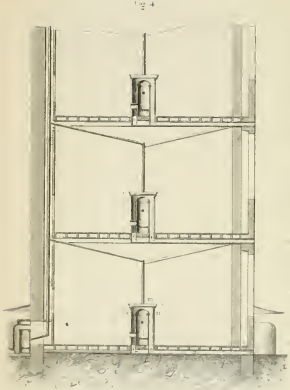
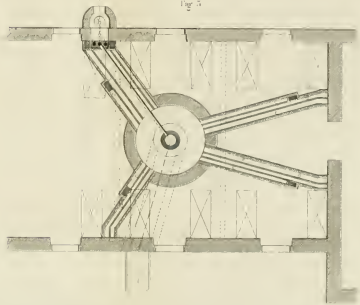
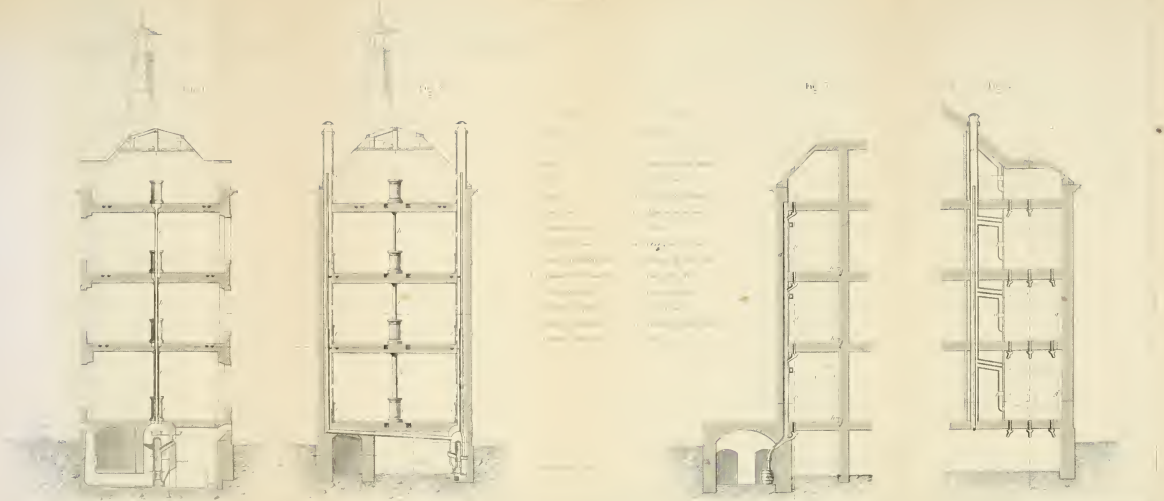
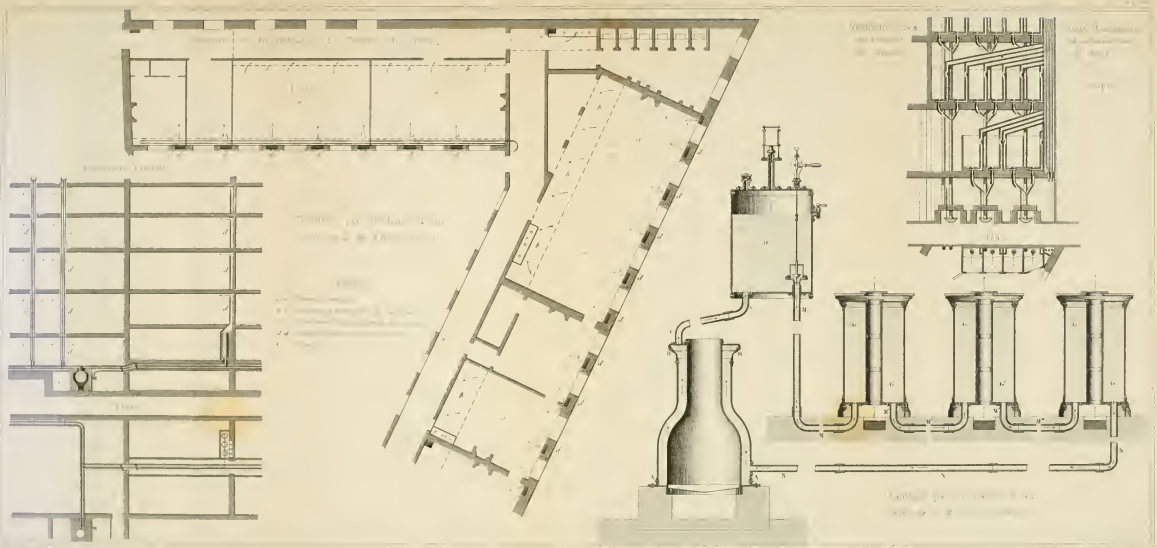
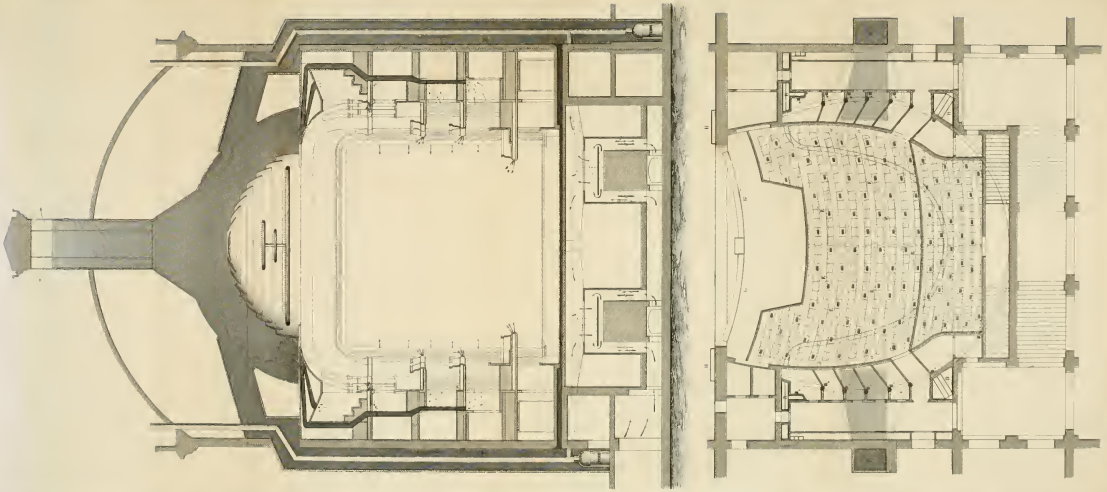
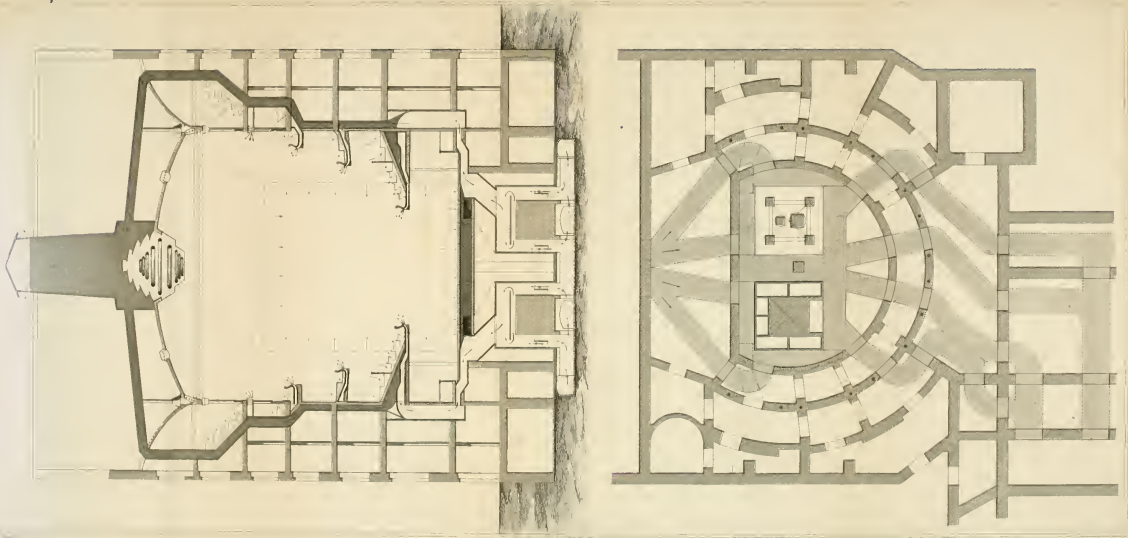
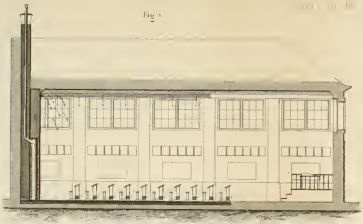
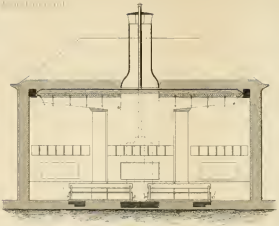
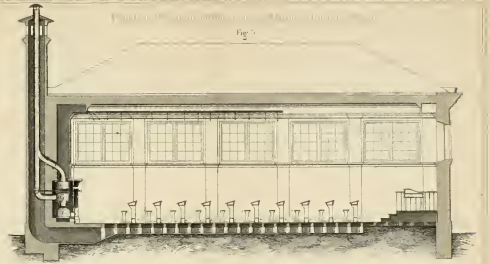
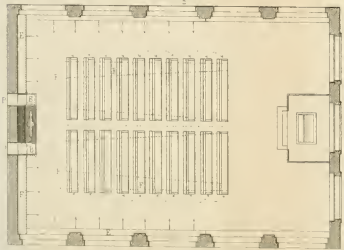
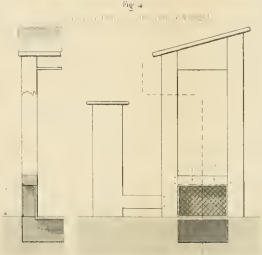
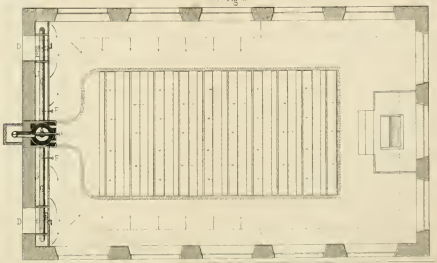










LEGENDE.

Echelle